Die
Musik
und die
musikalischen Instrumente

Die
Musik
und die
musikalischen Instrumente
in ihrer Beziehung zu den Gesetzen
der
Akustik

von

Friedrich Zamminer.

Mit Holzschnitten.

Gießen, 1855.
J. Ricker'sche Buchhandlung.

Seinem Vater

Johannes Bamminer

Geh. Oberforstrath in Darmstadt

widmet diese Schrift

der Verfasser.

Vorwort.

Die Bedenken, welche gegen die Abfassung einer Schrift sprechen, worin die mathematische Grundlage der Musik einem größeren Leserkreise verständlich gemacht und die Anwendung der akustischen Gesetze in dem Baue der musikalischen Instrumente nachgewiesen werden soll, sind mir während der Bearbeitung selbst sonnenklar geworden. Unser mathematisch-physikalisches Wissen reicht gerade erst hin, um sowohl bezüglich der Harmonieverbindungen, als bezüglich des Instrumentenbaues den Anfang zum Verständniß des bereits Vorhandenen zu gewinnen und es wird voraussichtlich noch lange Zeit brauchen, bis die Wissenschaft in die theoretischen und practischen Gebiete der Kunst überall helles Licht sendet.

Aber das Fertige und Abgeschlossene ist es nicht, was anzieht und denkende Geister beschäftigt — darum glaubte ich, den Leser auch an solche Beete führen zu dürfen, wo eben erst Keime sprießen. Keine Kunst ist verbreiteter, als die der Musik, kein anderer Zweig der Naturlehre vermag so viel Nutzen aus der Erfahrung der Künstler zu ziehen, als die Akustik, und insofern hielt ich es an der Zeit, durch die geeignete Form der Darstellung alle Diejenigen, welche sich mit Musik beschäftigen, mit den Forschungen vertraut zu machen, welche über die Bewegung der Saiten, die Schwingungen der Luft und den Bau der musikalischen Instrumente selbst, von Mersenne, Bernoulli, Chladni, Savart und Seebeck, vor Allen aber von unserm genialen Landsmanne, Wilhelm Weber, angestellt worden sind. — Vorzugsweise in die drei ersten Abschnitte über

Streichinstrumente und Akustik der Gebäude, sowie in den siebenten, achten und zwölften Abschnitt sind die Sätze der Akustik eingeflochten, in einer, wie ich hoffe, jedem Gebildeten faßlichen Darstellung.

Manches Goldkorn, welches der Wissenschaft nützen konnte, habe ich bei Musikern und Instrumentenmachern unbenutzt liegen gefunden, weil den Besitzern der Faden fehlte, welcher sie aus dem Gebiete der Kunst in das der Wissenschaft leiten konnte. Meine Absicht war, durch vorliegende Schrift, in welcher die Namen Amati und Mersenne, Händel und Chladni, Mozart und Humboldt nebeneinanderstehen, solches Gold in Bewegung zu setzen.

Es war für mich mit besonderen Schwierigkeiten verbunden, mich in den neueren Fortschritten des Instrumentenbaues hinreichend zu orientiren, da an meinem Wohnort weder Instrumentenmacher, noch auch gute Instrumente zu finden sind. Diese Schwierigkeiten wären noch größer gewesen, hätte ich mich nicht der zuvorkommenden Unterstützung des Herrn Cantors Schwabe dahier, eines theoretisch und practisch sehr vielseitig gebildeten Musikers, zu erfreuen gehabt.

Bezüglich der Instrumente außereuropäischer Völker bin ich durch die Gefälligkeit des Herrn Bibliothekars Dr. Walther unterstützt worden, welcher mir die zahlreichen Bilderwerke und Reisebeschreibungen der Großh. Hofbibliothek, sowie der Cabinetsbibliothek zu Darmstadt zur Durchsicht gab.

Schließlich halte ich es für meine Pflicht, dem Herrn Verleger für die Opfer, welche er der guten Ausstattung dieser Schrift brachte, meinen Dank auszusprechen.

Gießen, im November 1855.

F. Zamminer.

Inhalt.

†

1. Die Violine.

Durch die allgemeinere Verbreitung nützlicher, insbesondere naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Einsichten hat mit dem 19. Jahrhundert eine neue Epoche geistiger Entwickelung begonnen. Wenn aber auch die Forschungen im Gebiete der Chemie, der Optik, der electrischen Kräfte in diesem Jahrhundert reich waren an fruchtbaren Resultaten, wenn die im vierten Jahrzehnt fast gleichzeitig auftauchenden Erfindungen der Photographie und der galvanischen Telegraphie zu den interessantesten und nützlichsten gehören, welche je ersonnen wurden, so wird unsere Zeit doch in der Fruchtbarkeit an neuen Geistesrichtungen und Erfindungen weit zurückgelassen von dem 17. Jahrhundert. Wer eine Vorstellung davon hat oder sich bilden will, was die Erfindung des Thermometers, des Barometers und der Luftpumpe, des Fernrohrs und Mikroskops, was die Anwendung des Pendels in der Zeitmessung für den Fortschritt in der Naturerkenntniß bedeuten, welchen Werth in dieser Beziehung die Auffindung der Gesetze der Lichtbrechung, der Zerlegung des Lichtes in Farben und die Messung seiner Geschwindigkeit haben, wer sich darüber unterrichtet, welche Fülle neuer Anschauungen und wissenschaftlicher Hülfsmittel sich an die Namen: Kepler, Huyghens, Galilei und Newton, knüpfen, daß von diesen Forschern der Bau des Weltgebäudes erklärt, daß von ihnen die allgemeinsten Gesetze der Bewegung erkannt wurden — dem muß jene Zeit in eigenthümlichem Zauber üppiger Schöpfungskraft erscheinen, er

muß darin die reiche Ernte eines Sommers erkennen, welcher dem neuen Geistesfrühling vorangegangener Jahrhunderte folgte.

Die Zeit, welcher wir diese Lobrede widmen, hat auch das Aufblühen einer Kunst zu höherer Vollendung gesehen, welche jetzt alle Lebenskreise durchdrungen hat und wie keine andere, zum eigentlichen Bedürfniß der Civilisation geworden ist. Die Musik rang sich im 17. Jahrhundert aus den strengen Regeln des älteren Contrapunktes und aus den Grenzen des Kirchengesanges zu größerer Lebensfülle los; die Entwickelung der dramatischen Musik gehört jenem Zeitraume an.

Indem wir die folgenden Betrachtungen einigen der schönen Gesetze widmen, welche die wissenschaftliche Forschung im Gebiete der Musik, oder, allgemeiner gesprochen, im Reiche der Töne, des Schalles, aufgefunden hat, liegt es uns nahe, mit der Beschreibung eines musikalischen Instrumentes zu beginnen, welches zu keiner späteren Zeit in größerer, vielleicht kaum in gleicher Vollendung gebaut wurde, als im 17. Jahrhundert und welches unter den zahlreichen Beispielen, wie beharrliche Empirie, gestützt auf feinen Tact und Kunstsinn, oft weit der wissenschaftlichen Erkenntniß voraneilt, eines der merkwürdigsten ist. Mit der Familie der Amati und ihrer Schüler, der Guarneri und Stradivari, welche sämmtlich im Laufe des 17. Jahrhunderts in Oberitalien lebten, und mit dem Tyroler Stainer schließt sich die Reihe der Künstler ab, deren Violinen heutzutage noch den höchsten Rang einnehmen. Den beharrlichsten Bemühungen eines Physikers unserer Zeit ist es nicht vollständig gelungen, den stereotypen Bau jener Krone aller musikalischen Instrumente aus den Sätzen der Wissenschaft zu erklären und abzuleiten.

Wir können übrigens auf die folgenden Betrachtungen nicht eingehen, ohne den Leser vor einer Täuschung zu warnen, welche nicht allzu ferne liegt. Wer die zauberhafte Macht der Musik zu empfinden vermag und die reiche Mannichfaltigkeit der Sprachen kennen gelernt hat, welche aus dem Chor der musikalischen Instrumente zu uns reden, wird wohl leicht bewogen, nach den äußern, materiellen Bedingungen jener wunderbaren Verbindung zu fragen, welche die Töne zwischen den Gemüthern der Menschen herstellen.

Aber er darf nicht hoffen, in den Betrachtungen, zu welchen jene Frage Veranlassung gibt, einen Wiederhall der poetischen Empfindungen, jenen Reiz eines graciösen Schwunges der Gefühle wiederzufinden, welche die Musik selbst in uns erregt. Naturwissenschaftliche Erörterungen sind nothwendig nüchterner und verständiger Art, sie erfordern unter allen Umständen Sammlung und Anstrengung des Geistes, welche an sich nicht zu den Genüssen gerechnet werden können. Was kann nüchterner sein, als die Bestandtheile einer Violine, die gewundene Thierhaut, welche schwingend erklingen soll, die Bretchen, welche den Ton verstärken, der Bogen, welcher ihn aus den Saiten hervorrufen soll? Der Naturforscher ist genöthigt, diese Bestandtheile, ihre Schwingungsverhältnisse im Einzelnen und in Verbindung mit einander zu untersuchen; er muß Länge und Dicke, Gewicht und Spannung, Schwingungszahl und Tonhöhe messen und vergleichen. Aber die Erforschung der Gesetze, welchen das Einzelne unterthan ist, die Erkenntniß der Wahrheit gewährt ihm jenen höheren geistigen Genuß, welchen ein griechischer Philosoph vor mehr als zwei Jahrtausenden, in seiner Anwendung auf die Erkenntniß des Himmelsgebäudes, symbolisch als Musik der Sphären bezeichnete.

Ein Beispiel wird vielleicht den Unterschied, auf welchen wir hindeuten wollen, deutlicher hervortreten lassen. Der zierliche Bau und der fröhliche Farbenglanz der Blumen spricht zu jedem poetischen Gemüthe. Darum konnte aus ihrem Bereiche der Dichter die Sinnbilder der Jugend und Freude, der Bescheidenheit, der Unschuld und Liebe wählen, darum spielen die Blumen in den Locken der Braut und schmücken unsere letzte Wohnstätte, ein Symbol der ewigen Jugend des Geistes. Weit verschieden von dieser poetischen Auffassung ist die Betrachtungsweise des Naturforschers. Er zerpflückt die schönste Blüthe, um die feinen Fäden zu zählen, welche ihr Kelch umschließt, er spaltet das Blatt, und unter dem vergrößernden Glase späht er an dem sterbenden Organe dem Kreislauf der Säfte nach, er verbrennt Blatt und Stengel in der Retorte zu Luft und Asche. Dieser Asche aber entsteigen die geläuterten Gedanken, welche das geheimnißvolle Getriebe des Lebens enthüllen, welche zeigen, wie ein harmonischer Austausch ihrer Le-

bensbedingungen die Pflanzenwelt mit der Thierwelt verknüpft. Der Forscher wird sich, auf einem solchen Höhepunkt der Erkenntniß, seiner Gemeinschaft mit dem schaffenden Geiste bewußt und gegen die Harmonie, welche sein inneres Ohr vernimmt, erscheint jene poetische Auffassung der Blumenwelt nur als ein kindliches Spiel.

Der Trieb nach solch' höherer Erkenntniß ließ Galilei „alle Kraft der Seele daran setzen, um hindurch zur Wahrheit zu brechen und verjährte, mächtige Vorurtheile zu Boden zu kämpfen, die ihm den Weg vertraten; er ließ ihn, karg gegen sich selbst, die Tafel fliehn, nach der ihn gelüstete und den Becher von den Lippen ziehen, den er ausleeren wollte, um nicht träg zu werden zu den Arbeiten des Geistes; er ließ ihn mit den Stunden des Schlafes darben, um sie der Weisheit zu schenken, zitternd den Frost der Nächte ertragen, um das Firmament zu betrachten, oder in trüben umwölkten Nächten beim Scheine der Lampe wachen, um die Ehre der Gottheit zu verkünden und die Welt zu erleuchten.“ (Engel, Traum des Galilei.)

Weit entfernt, alle Anstrengungen und Entbehrungen des Forschers theilen zu müssen, wenn es gilt, die gewonnenen Resultate zu überblicken und zu verstehen, wird dem Leser doch keine Form der Darstellung jede Mühe, jede Betrachtung von Zahl und Maß entbehrlich machen. Die reizenden Linien der äußeren Form, die lebensfrischen Farben geben uns nicht Aufschluß über Wesen und Bedeutung eines Organismus und seiner Theile. Wir müssen uns entschließen, unsere Blicke auf das Skelett zu richten, welches dem Ganzen zur Stütze dient und auf die Gefäße, welche es ernähren, auf Muskeln und Nerven, welche Bewegung und Empfindung vermitteln.

Die Saiten der Violine nehmen als die eigentliche Tonquelle vor allem Andern unsere Aufmerksamkeit in Anspruch. Es sind sämmtlich Darmsaiten und nur die dem tiefsten Tone angehörige ist mit feinem Silberdraht übersponnen. Alle sind in Einschnitten des Saitenhalters befestigt und laufen von da über den Steg und das Griffbret nach dem Wirbelkasten. Durch Drehung der Wirbel,

um welche sie geschlungen sind, ertheilt man ihnen den erforderlichen Grad der Spannung; ihre tongebende Länge ist durch den Steg einerseits, durch den oberen Rand des Griffbretes, den sogenannten Sattel, andererseits, abgegrenzt.

Fig. 1.



Bezüglich der Bewegung, welche das Tönen begleitet, und der dabei herrschenden Gesetzmäßigkeiten, ist die Saite das einfachste, das am Leichtesten verständliche Schallmittel. Daher mag es sich erklären, daß die Saiteninstrumente in den Formen der Leyer, der Cither, der Harfe, der indischen Vina und des chinesischen Kin ins graueste Alterthum hinaufreichen; daß Pythagoras und seine Schüler bereits die einfachen Beziehungen, welche zwischen der Länge einer Saite und ihren Tönen bestehen, kannten und die ausgespannte Saite, das Monochord, zu den Abmessungen der griechischen Tonsysteme benutzten, daß endlich die wissenschaftliche Akustik das Problem der Saitenschwingungen vor allen andern gelöst hat.

Durch ein aufmerksames Beschauen der Streichinstrumente unserer Orchester, durch Beobachtung eines Spielers kann man Aufschluß über alle wesentlichen Momente der Saitenschwingungen erhalten. Die Viola, das Violoncelle, der Contrebaß sind ähnlich bezogen, wie die Violine; allein die Saiten werden um so länger

und schwerer, je tiefer die Tonlage des Instrumentes ist. Da es die Technik des Spielens nicht zuläßt, die Saiten jedes einzelnen Instrumentes, je nach ihrer Tonhöhe, von verschiedener Länge zu wählen, so muß umsomehr ihr Gewicht nach der Tiefe hin zunehmen. Indessen kann man bei gegebener Länge die Dicke einer Saite nicht über ein gewisses Maß wachsen lassen, wenn nicht die Biegsamkeit verloren gehen soll, welche eine ihrer wesentlichsten Eigenthümlichkeiten ausmacht. Das Umspinnen mit Silberdraht, welches bei der tiefsten Saite der Violine und den beiden tiefsten der übrigen Streichinstrumente angewendet ist, erhöht das Gewicht bedeutend, ohne der Biegsamkeit in gleichem Grade Eintrag zu thun.

Wenn der Violinspieler eine Saite seines Instrumentes höher stimmen will, spannt er sie durch Drehung des Wirbels stärker an und er läßt etwas an der Spannung nach, wenn der Ton zu hoch geworden war. Allein dieses Mittel, die Tonhöhe zu ändern, ist nur in engeren Grenzen brauchbar. Wollte man eine Violine z. B., welche in den Quinten g, d_1, a_1, e_2, gestimmt ist, mit vier ganz gleichen Saiten, etwa solchen, wie man sie jetzt für e_2 braucht, beziehen und nur durch die Spannungsunterschiede die verschiedene Tonhöhe hervorbringen, so müßte für den Ton g die Spannung sehr nahe 25mal geringer sein, als für e_2. Mit mehr als 25 Pfund dürfte man aber eine e_2 Saite nicht spannen, da sie bei 29 Pfund Belastung schon reißt; so bliebe denn für die g Saite keine größere Spannung als 1 Pfund übrig. Abgesehen davon, daß die Festigkeit und Dauer des Instrumentes unter dieser ungleichen Belastung der vier Saiten leiden müßte, würden die tiefsten, so äußerst schwach gespannten Saiten nur schlecht klingen. Jede Saite verlangt ein mit ihrer Dicke wachsendes Maß der Spannung, um einen guten musikalischen Klang auszugeben und aus der folgenden Uebersicht kann man entnehmen, daß keine Saite eines Streichinstrumentes mit weniger als $1/5$ des Gewichtes gespannt ist, bei welcher sie reißt; daß aber in den höheren Tönen die Spannung der Hälfte des Festigkeitsmaßes sich nähert und bei der e_2 Saite der Violine selbst darüber hinausgeht.

		Schwingungszahl	Gewicht v. 1 Par. Fuß Milligr.	Spannung Kilogr.	Festigkeit Kilogr.
Violine	e_2	659,3	153,5	8,965	14,4
Länge der	a_1	440,0	264,0	6,875	18,5
Saiten	d_1	293,6	546,0	6,327	29,3
12″1‴	g	196,0	984,0	6,255	22,3
Viola	a_1	440,0	265,1	8,780	18,5
Länge der	d_1	293,6	546,0	8,268	29,3
Saiten	g	196,0	1045,3	6,995	22,3
13″9‴	c	130,8	—	—	—
Violoncelle	a	220,0	512,4	14,330	—
Länge der	d	146,8	859,7	10,760	—
Saiten	G	98,0	1804,5	10,040	—
25″1‴	C	65,4	—	—	—
Contrebaß	G	98,0	3485,0	52,3	118,0
Länge der	D	73,4	6622,6	55,3	213,0
Saiten	A_{-1}	55,0	—	—	—
41″	E_{-1}	41,2	—	—	—

Die Länge der Saiten ist in Pariser Zollen und Linien angegeben, ihre Spannung auf dem richtig gestimmten Instrument, sowie ihre Tragkraft, in Kilogrammen (1 Kilogramm = 2 Pfund).

Keiner der Einflüsse, welche die Tonhöhe einer schwingenden Saite bedingen, ist der Beobachtung leichter zugänglich, als derjenige der ungleichen Länge. Beim Spielen der Violine sieht man die linke Hand des Künstlers unablässig thätig, durch Aufsetzen der Fingerspitzen die schwingenden Theile der Saite zu kürzen oder zu verlängern, je nachdem er ihr einen höheren oder tieferen Ton entlocken will.

Jede Aenderung im Gewichte einer Saite also, in ihrer Spannung oder ihrer Länge hat nothwendig eine Aenderung der Tonhöhe zur Folge. Dagegen kann man sicher sein, den nämlichen Ton wieder zu erhalten, wenn es gelingt, jene drei Umstände in aller Schärfe wieder herzustellen. Die Chinesen beziehen von jeher ihre beiden Saiteninstrumente, das Kin und Tsché, mit Fäden von Seide, die Inder ihre Vina mit Stahl- und Messingfäden, die Aegypter, die Griechen und Römer bedienten sich vorzugsweise der Saiten aus thierischer Sehne und Haut, sowie der Faser des Hanfs und des Leins. Metallfäden wußte man im Alterthum nur durch

Schmieden darzustellen, die Kunst des Drahtziehens ist eine Erfindung des Mittelalters. Allein um die Stimmung der Saiteninstrumente jener Völker zu kennen, brauchte man nichts über den Stoff noch über die Bereitungsweise ihrer Saiten zu wissen, wenn die Länge und das Gewicht der schwingenden Theile, sowie die Kraft, mit welcher sie gespannt waren, uns bekannt wären. Biegsame Fäden, welche bei gleicher Länge das nämliche Gewicht haben, geben bei gleicher Spannung dieselbe Tonhöhe, mögen es nun Oesterreichs oder Englands vollkommenste Stahlsaiten, oder die Wurzelfasern des Palmbaums sein, mit welchen der Neger sein monotones Saiteninstrument bezieht.

Wie bereits angeführt, hat man im Alterthum seit Pythagoras die feine Intervallenbestimmung der griechischen Tonleitern an der gespannten Saite vorgenommen und als die christliche Musik emporzublühen begann, diente das Monochord den Singschülern zur Einübung der Kirchentöne; aber erst im 17. Jahrhundert gelang es Mersenne, den Einfluß jedes einzelnen der erwähnten Umstände, der Länge, der Spannung, des Gewichtes, auf die Bewegung der Saite, auf die Zahl ihrer Schwingungen, zu bestimmen. Daß man die höhere Octave des Grundtones einer gespannten Saite höre, wenn man die halbe Länge derselben schwingen lasse, die Quinte dieser Octave, wenn man die Saite auf den dritten Theil ihrer anfänglichen Länge verkürze, wußten schon die Pythagoräer, aber der französische Physiker bewies, daß die Anzahl der Schwingungen in der Sekunde sich verdoppele, wenn man die Länge auf die Hälfte, verdreifache, wenn man sie auf ein Drittel vermindere, oder allgemein, daß die Zahl der Schwingungen in gleichem Verhältnisse größer werde, als man die Länge vermindere.

Nicht ganz so einfach ist das Verhältniß zwischen der Schwingungszahl der Saite und der Belastung, welche sie zwischen zwei unverrückbaren Punkten ausgespannt erhält. Um die Saite bei unveränderter Länge zu Schwingungen von der doppelten Schnelligkeit zu veranlassen, genügt es nicht, die Spannung zu verdoppeln, sie muß viermal größer werden; damit die Saite von dem Grundton zu der Quinte der Octave übergehe, also ihre

Schwingungszahl in Einer Secunde verdreifache, muß die Spannung auf das Neunfache vermehrt werden; oder im Allgemeinen müssen die Spannungen wachsen im Verhältniß der Quadrate der Schwingungszahlen.

Gerade das umgekehrte Gesetz ergab sich, als Mersenne die Schwingungszahlen verschiedener Saiten bei gleicher Länge und Spannung mit deren Gewichten verglich. Die Gewichte gleich langer Stücke, z. B. von 1 Pariser Fuß, müssen in gleichem Verhältniß geringer werden, wie die Quadrate der Schwingungszahlen wachsen. Bei dem d und G des Violoncelle's z. B. sind die Längen gleich und auch die Spannungen nur wenig verschieden, die Schwingungszahlen verhalten sich wie 3 : 2, ihre Quadrate also wie 9 : 4 und in der That stehen die Gewichte von 1 Pariser Fuß dieser Saiten nahe im Verhältniß von 4 : 9. Daß die d Saite etwas schwerer ist, als das genaue Einhalten dieses Verhältnisses erfordern würde, macht für dieselbe ein kleines Uebergewicht der Spannung nöthig. Aehnliche Betrachtungen gelten für das D und G des Contrebasses, deren Schwingungszahlen sich nahe wie 3 : 4 verhalten.

Die mechanische Theorie der Saitenschwingungen, welche Taylor zu Ende des 18. Jahrhunderts entwickelte, gab das Mittel an die Hand, die Gesetze dieser Bewegung in einen einzigen mathematischen Ausdruck zusammenzufassen, welcher für die practischen Anwendungen der Akustik darum von besonderem Interesse ist, weil er eine scharfe Bestimmung der Schwingungszahlen gegebener Töne möglich macht (vergl. Anhang I).

Die Messung der Schwingungszahl eines Tones ist sonach abhängig gemacht von einer Längenmessung, welche durch die vereinten Bestrebungen von Wissenschaft und Kunst einen so hohen Grad der Genauigkeit erreicht hat, und von der Bestimmung von Gewichten, für welche die Wage ein höchst empfindliches Werkzeug abgiebt. Immerhin ist diese Messung ein lehrreiches Beispiel der Schwierigkeiten, welche sich der Naturforschung auch bei den einfachsten Fragen entgegenstellen. Störende Einflüsse bewachen wie böse Genien die Schwelle jener Zauberschlösser, in welchen die Wahrheiten im Todesschlafe liegen, bis es einem glücklichen und

beharrlichen Kämpfer gelingt, zu ihnen zu dringen und die Formel der Entzauberung zu finden. Nicht nur Stärke und hartnäckige Ausdauer wappnet jene bösen Geister, sondern öfter noch peinigen sie ihren Gegner durch Tücke und Arglist. Gleich den wassertragenden Hexen des Zauberlehrlings erstehen sie nicht selten in vermehrter Zahl, wenn man sie zu Tode getroffen glaubte. Um nicht nur in Bildern zu reden, führen wir einige der Nebenumstände an, welche erkannt und unschädlich gemacht werden mußten, damit die gespannte Saite ein so vorzügliches Meßinstrument der Schwingungszahlen werden konnte, wie es das Monochord W. Weber's darstellt.

Die Saite, ein möglichst biegsamer Faden von durchaus gleichmäßiger Beschaffenheit, muß senkrecht an dem Meßinstrumente herablaufen, damit die unten angehängte Belastung ohne Dazwischenkunft eines Reibungshindernisses vollständig als spannende Kraft wirkt. Unter dem Einfluß dieser Kraft aber dehnt sich die Saite, das Gewicht eines Stücks von bestimmter Länge vermindert sich. Nur wenn die Saite zuvor einige Zeit lang bis beinahe zum Zerreißen belastet war, kann man sicher sein, daß jene Dehnungen immer mit den Belastungen in gleichem Verhältnisse wachsen, so daß ihre Größe sich in jedem einzelnen Falle berechnen läßt, wenn man sie bei irgend Einer Belastung gemessen hat. Eine Begrenzung des tönenden Stückes der Saite, ähnlich wie durch Steg und Sattel an der Violine, würde zu genauen Messungen nicht genügen. An deren Stelle dienen metallene Klemmen, welche das schwingende Stück auf das Schärfste abgrenzen, ohne die Saite zu quetschen oder ihre cylindrische Form im Geringsten zu ändern. Diese Klemmen sind in möglichst unelastische Massen, in Stücke Sandstein, befestigt, damit die Bewegung der Saite sich nicht, wenn auch in noch so geringem Maße, dem ganzen Instrument mittheile, die Endpunkte des schwingenden Stückes vielmehr als unbeweglich gelten können, eine Voraussetzung, unter welcher die oben aufgestellten Schwingungsgesetze allein sich vollständig bewähren.

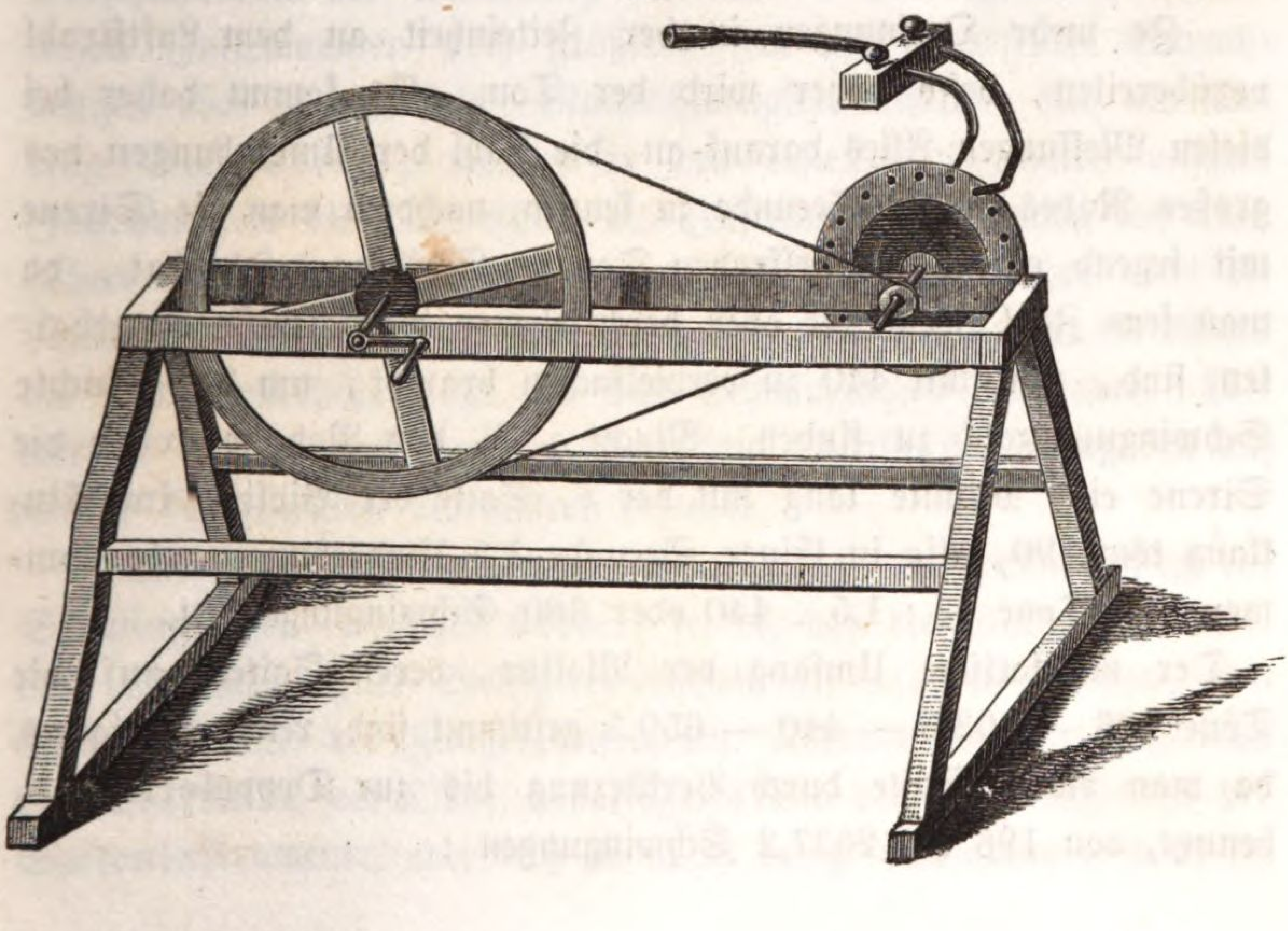
Selbst die von dem Körper des Beobachters ausstrahlende Wärme vermöchte die Richtigkeit der Messung zu trüben, namentlich, wenn die Saite sich erwärmte, nachdem sie gespannt und ein be-

stimmtes Stück abgegrenzt worden. Sie würde sich dann ausdehnen, erschlaffen, und darum tiefer tönen.

Mersenne verfuhr einfacher zu einer Zeit, in welcher die messende Physik noch in der Kindheit stand. Er fand durch unmittelbare Zählung, daß eine Saite von 15 Fuß Länge, welche er mit 7 Pfund gespannt hatte, in der Secunde 10 Schwingungen machte. Diese Saite tönte freilich nicht; dagegen gab sie, auf den zwanzigsten Theil ihrer Länge verkürzt, bei gleicher Spannung einen Ton von 200 Schwingungen, welchen Mersenne als Normalton annahm, ähnlich wie dies heutzutage von dem Ton der Stimmgabeln unsrer Orchester gilt.

Ein auf jeden Ton unmittelbar anwendbares Verfahren der Zählung seiner Schwingungen bietet die in folgender Figur abgebildete Sirene, welche den Forscher nicht durch den Reiz ihrer Stimme mit den Gefahren des homerischen Helden bedroht, dagegen ihm, wenn auch mit heißerem Klange, lautere Wahrheit singt, wenn er ihr Vertrauen zu gewinnen weiß. Kein anderer Apparat hat Aufschluß über so viele interessante Fragen der Schallbildung gegeben, als der hier abgebildete unter den Händen des vor wenigen Jahren verstorbenen Physikers Seebeck.

Fig. 2.



Denken wir uns das Rad in gleichmäßiger Drehung während Einer Secunde Einen Umlauf vollenden, so wird der 20mal kleinere Wirtel, mit welchem es durch den nämlichen Schnurlauf verbunden ist, in derselben Zeit sich 20mal drehen und mit ihm zugleich die Löcherscheibe von Pappe oder Weißblech, welche an gleicher Axe aufsitzt. An dem Umfange dieser Scheibe seien in gleichen Abständen gleich weite Oeffnungen angebracht, und der in der Abbildung dargestellte kleine Blaseapparat so gerichtet und auf einem Stative befestigt, daß ein mit dem Mund eingetriebener Luftstrom, welcher mittelst der kleinen Ventile beliebig zu den Ausflußröhren geleitet werden kann, rechtwinklig gegen die umlaufende Löcherscheibe stößt. In kurzen und gleichdauernden Abwechslungen wird dieser Strom durch die Wand der Scheibe aufgehalten, oder er übt, durch die Oeffnungen tretend, Stöße auf die gegenüberliegende ruhende Luft aus, Stöße, deren Wirkung sich bis zum Gehörorgane des Beobachters fortpflanzt, und sich, wenn z. B. 22 Oeffnungen im Umkreis der Scheibe angebracht sind, in der Secunde 20 . 22 = 440mal wiederholt. Diese Wirkung ist hinreichend, einen Ton zu erzeugen, von unveränderlicher Höhe, so lange die Umdrehungsgeschwindigkeit gleich bleibt, in seiner Stärke bedingt durch die Heftigkeit des Luftstroms.

Je mehr Oeffnungen in der Zeiteinheit an dem Luftstrahl vorübereilen, desto höher wird der Ton. Es kommt daher bei diesen Messungen Alles darauf an, die Zahl der Umdrehungen des großen Rades in der Secunde zu kennen, nachdem man die Sirene mit irgend einem zu messenden Ton in Einklang gesetzt hat, da man jene Zahl, wenn die oben beschriebenen Verhältnisse eingehalten sind, nur mit 440 zu vervielfachen braucht, um die gesuchte Schwingungszahl zu finden. Macht z. B. das Rad, während die Sirene eine Minute lang mit der e_2 Saite der Violine im Einklang tönt, 90, also in Einer Secunde 1,5 Umdrehungen, so kommen dem Tone e_2 : 1,5 . 440 oder 660 Schwingungen zu.

Der musikalische Umfang der Violine, deren Saiten auf die Töne 196 — 293,6 — 440 — 659,3 gestimmt sind, reicht übrigens, da man die e_2 Saite durch Verkürzung bis zur Doppeloctave e_4 benutzt, von 196 bis 2637,2 Schwingungen :

$g = 196$, $d_1 = 293{,}6$, $a_1 = 440$, $e_2 = 659{,}3$
$e_3 = 1318{,}6$
$e_4 = 2637{,}2$.

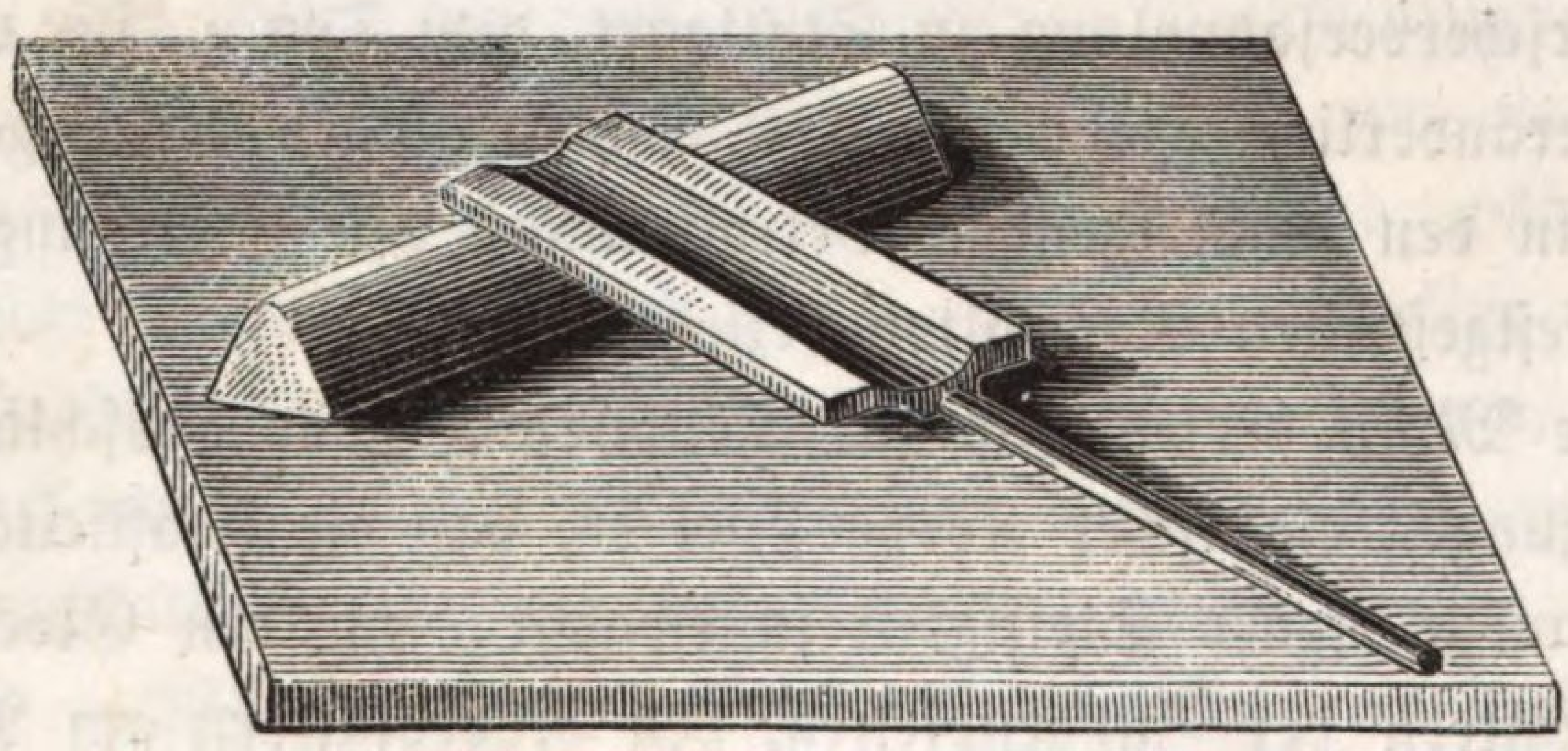
Der Ton der dritten Saite a_1 ist der Normalton, welcher in den Stimmgabeln der Orchester bewahrt wird und an welchen sich die Stimmung aller Instrumente anschließt. Indessen hat derselbe nicht nur in den Orchestern verschiedener Hauptstädte etwas abweichende Tonhöhe, sondern man findet auch die Stimmgabeln der Theater und Conservatorien desselben Ortes nicht durchaus übereinstimmend. In Petersburg fand ihn Chladni zu 453 bis 460 Schwingungen, während Scheibler den Normalton der großen Oper zu Paris zu 430, den der italienischen Oper zu 440, Fischer den der opéra comique zu 428 Schwingungen fand. An den verschiedenen Theatern in Wien liegt der Normalton a_1 zwischen 434 und 445 Schwingungen, in Berlin fand man ihn im Jahre 1833 zu 442, in Dresden im Jahre 1852 zu 439 Schwingungen. Eine Sängerin, welche an der Petersburger Oper eben noch das dreigestrichene c_3 erreicht, würde an der italienischen Oper zu Paris beinahe einen halben Ton, an der opéra comique sogar noch mehr als eine halbe Stufe höher singen. Ohne Zweifel ist die Verschiedenheit der Stimmung bei den im Privatgebrauch befindlichen Instrumenten noch größer. Für wissenschaftliche Betrachtungen aber ist eine solche Mannichfaltigkeit mißlich. Auf den Antrag Scheibler's, welcher in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts die Tonmessung und Instrumentenstimmung auf einen hohen Grad der Feinheit ausbildete, beschloß im Jahre 1834 die Naturforscherversammlung zu Stuttgart, dem Ton a_1 für die Akustik die unveränderliche Höhe von 440 Schwingungen beizulegen. Wir werden in den nachfolgenden Betrachtungen alle Zahlenangaben auf den so festgestellten Normalton beziehen.

Die Musik bedient sich zur Tonbildung zwar ausschließlich der Schwingungen elastischer Körper, sei es, daß die Elasticität denselben vermöge eigner Steifigkeit innewohnt, wie den Glocken, den Metallblättern der Zungenpfeifen, den Rohrblättern am Mundstück der Clarinette, der Oboe, des Fagotts und den Resonanzböden der Saiteninstrumente, oder daß sie ihnen durch Spannung ertheilt ist,

wie den Saiten und dem Felle der Trommel und der Pauke, oder daß sie unter äußerem Druck elastisch sind, wie die in den Blasinstrumenten tönende Luft durch die Pressung der auf ihr lastenden Atmosphäre. Die Entstehung des Tones in der Sirene aber ist anderer Art; es sind einzelne plötzliche Stöße, unterbrochen durch längere Pausen, welche, auf eine ruhende Luftmasse ausgeübt, den Ton erzeugen. Ein ruhiger Wasserspiegel, das einemal durch vorüberziehende Wellen sanft gehoben und gesenkt, das anderemal durch kräftige Ruderschläge, welche in gleich abgemessenen Zeiten einander folgen, in Bewegung gesetzt, vermögen uns ein Bild zu geben von der Bewegung der Luft, wenn das einemal der Klang einer Saite, das anderemal der Ton der Sirene von ihr aufgenommen und fortgetragen wird. Nicht die eigenthümliche Natur elastischer Schwingungen also, sondern nur die Wiederkehr gleichartiger durch die Luft vermittelter Eindrücke auf unser Gehörorgan, in gleichen Zeitabschnitten einander folgend, wird zur Tonbildung erfordert.

Daß durch rasch wiederkehrende plötzliche Stöße selbst sehr wohlklingende Töne zu Stande kommen können, beweist das in folgendem Bilde dargestellte, nach seinem Erfinder Trevelyan benannte Instrument, dessen Wirkung man indessen auch mit ganz nahe liegenden Mitteln ohne künstlichen Apparat nachahmen kann. Trevelyan entdeckte die eigenthümliche Tonbildung am Kamin, wo er das heiße Schüreisen auf einen zufällig vorhandenen Bleiblock warf.

Fig. 3.

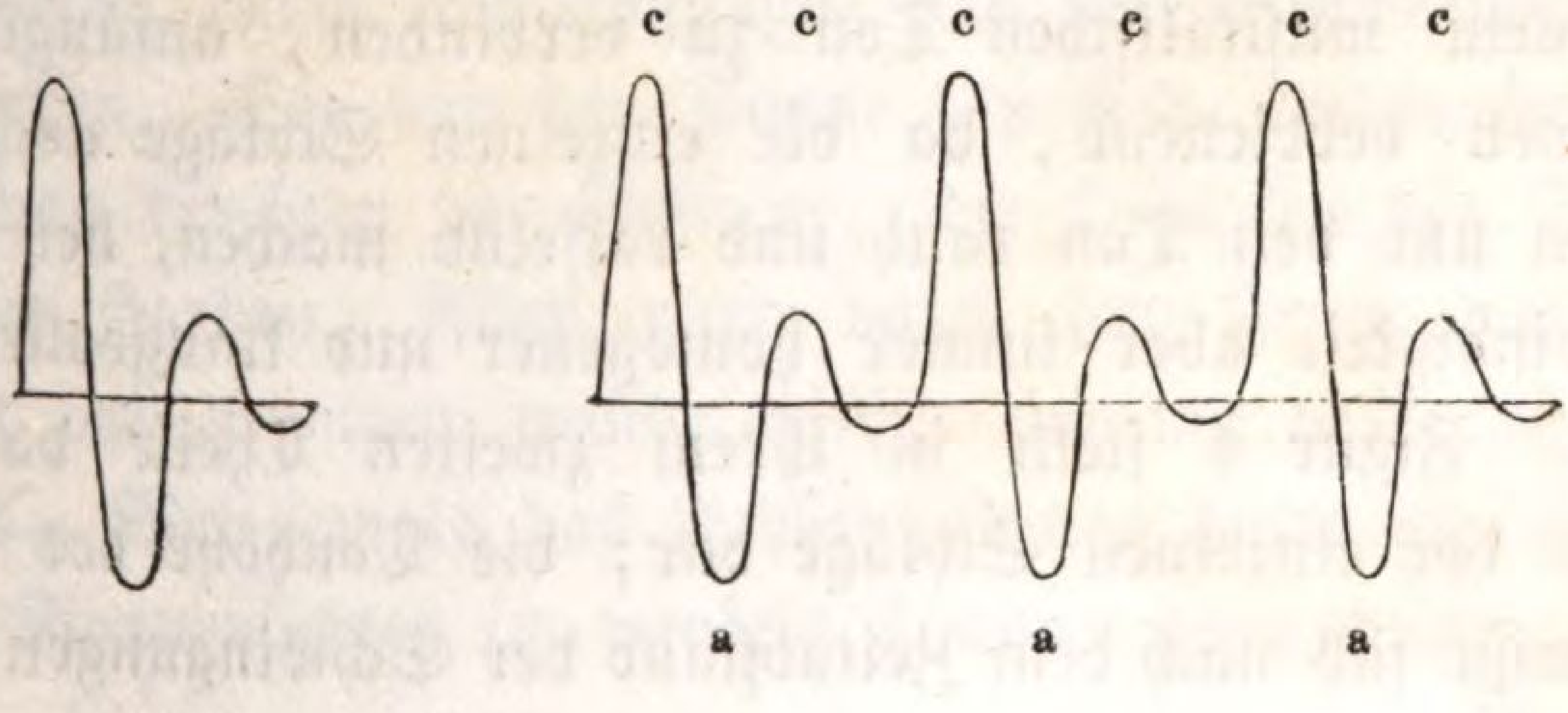


Auf die Kante eines dreiseitigen Stückes Blei ist der in der Figur dargestellte Wackler, nachdem er zuvor auf etwa 200° erhitzt

wurde, mit seinem einen Ende aufgelegt, während das andere, in einen dünnen Stiel ausgehende Ende auf der Tischplatte ruht. Versetzt man ihn durch leichten Anstoß in eine wankende Bewegung um die beiden Kanten der schmalen auf dem Blei aufliegenden Fläche, so wird diese Bewegung von der Wärme selbst unterhalten und beschleunigt, welche jedesmal von der berührenden Kante in das Blei überströmt und eine kleine Erhöhung erzeugt, von welcher der Wackler gleichsam herabsinkt. Indem ihm so die verloren gehende Bewegung wieder ersetzt wird, erzeugt die continuirliche Reihe rasch aufeinander folgender Stöße einen wohlklingenden Ton. Nimmt die Geschwindigkeit des Wackelns ab, so wird der Ton tiefer und löst sich endlich in rauhes Rasseln auf; man hört die einzelnen trocknen Schläge des Wacklers gegen die Unterlage, welche vorher in einen zusammenhängenden Ton verwebt waren.

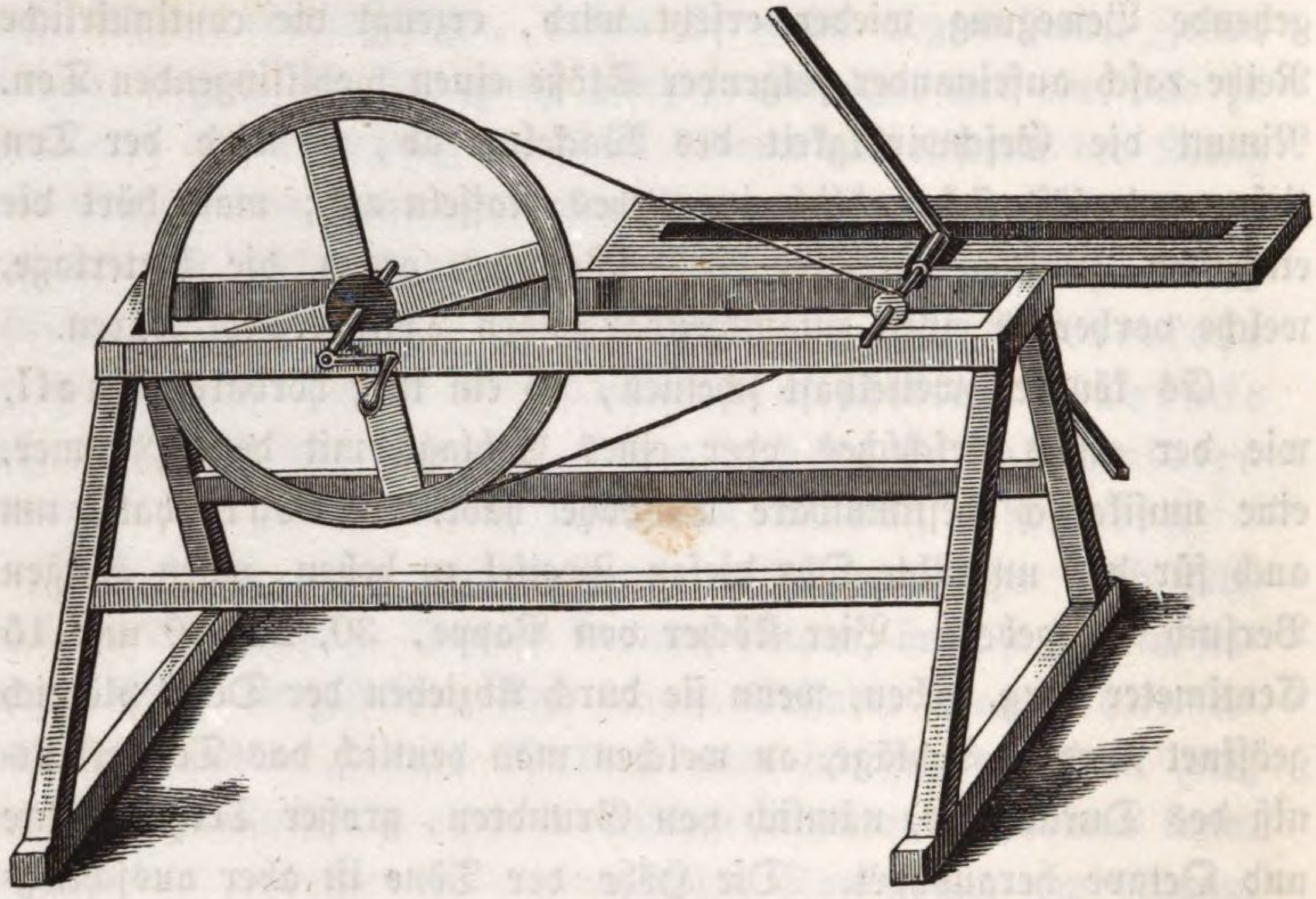
Es könnte zweifelhaft scheinen, ob ein kurz hörbarer Knall, wie der eines Geschützes oder eines Schlags mit dem Hammer, eine musikalisch bestimmbare Tonhöhe habe. Savart hat, um auch für das ungeübte Ohr diesen Zweifel zu heben, einen artigen Versuch angegeben. Vier Köcher von Pappe, 30, 24, 20 und 15 Centimeter lang, geben, wenn sie durch Abziehen der Deckel plötzlich geöffnet werden, Schläge, an welchen man deutlich das Tonverhältniß des Duraccords, nämlich von Grundton, großer Terz, Quinte und Octave heraushört. Die Höhe der Töne ist aber ausschließlich durch die Schnelligkeit bedingt, mit welcher die elementaren Eindrücke oder die einzelnen Schwingungen einander folgen und es muß daher ein Knall in der That auch durch eine Reihe solcher Schwingungen, nur von sehr rasch abnehmender Stärke gebildet sein, wie der erste Theil der folgenden Figur dieß versinnlicht.

Fig. 4.



Es gibt kein besseres Mittel, dem Ohr das allmälige Verweben vorher getrennter Schläge oder Knalle zu einem zusammenhängenden Ton wahrnehmbar zu machen, als der folgende, an dem Gestell der Sirene angebrachte Apparat. Ein an der Wirtelaxe befestigter Stab schlägt bei jeder Umdrehung derselben zweimal durch die in einem Brete ausgeschnittene Spalte, welche er genau ausfüllt.

Fig. 5.



Jeden Durchgang begleitet ein Knall der erschütterten Luft. Dreht man rascher, so tritt ein Zeitpunkt ein, bei welchem die Empfindung des vorhergehenden Schlags in unserm Gehörorgan noch nicht erstorben ist, wann bereits der folgende sich geltend macht. Von diesem Augenblicke, welcher um so eher eintritt, je kräftiger die einzelnen Schläge an sich sind, beginnen die Eindrücke sich zu einem musikalischen Ton zu verbinden, anfänglich kaum diesen Namen verdienend, da die einzelnen Schläge noch deutlich durchklingen und den Ton rauh und rasselnd machen, bei gesteigerter Geschwindigkeit aber immer homogener und klangvoller zusammengehend. Figur 4 stellt in ihrem zweiten Theile das Aneinanderreihen der einzelnen Schläge dar; die Tonhöhe des einzelnen Knalls bemißt sich nach dem Zeitabstand der Schwingungen c, c, c..,

die Höhe des aus den Schlägen zusammengewebten Tones nach dem Zeitabstand a, a, a . . dieser letzteren.

Savart vermochte mittelst eines 6 Fuß langen Stabes schon 8 Schläge in der Secunde als zusammenhängenden Ton zu vernehmen; durch den achten Theil einer Secunde bewahrte demnach das Gehörorgan den Eindruck eines Knalles in genügender Stärke, um ihn mit dem folgenden zu einem zusammenhängenden Faden verspinnen zu können. Ungeübten dürfte dies erst bei 16 bis 20 Schlägen in der Secunde gelingen. Die objective Ursache des Tones liegt zwar in dem Bewegungszustand der Materie außer uns, die Empfindung des Klanges aber kann erst im Gehörorgane selbst entstehen und darum hat die Bestimmung der Tongrenzen, der unteren sowohl, wie der oberen, nothwendig etwas Subjectives. Indem Savart ein eisernes Rad mit 600 gleichen Zähnen an der Sirene 40 Umläufe in der Secunde machen und die Zähne gegen ein elastisches Blättchen stoßen ließ, so daß dieß 24000 mal in einer Secunde erzitterte, glaubte er bei dieser Grenze das völlige Verschwinden des Schalles zu erkennen; Despretz aber erhielt durch Verkürzung kleiner Stimmgabeln noch musikalisch bestimmbare Töne bis zu 32770 Schwingungen, 4 Octaven höher als das höchste c_4 unserer Pianoforte's, und selbst bis zu 36500 Schwingungen, also noch eine Stufe höher, glaubte er einen Ton zu vernehmen.

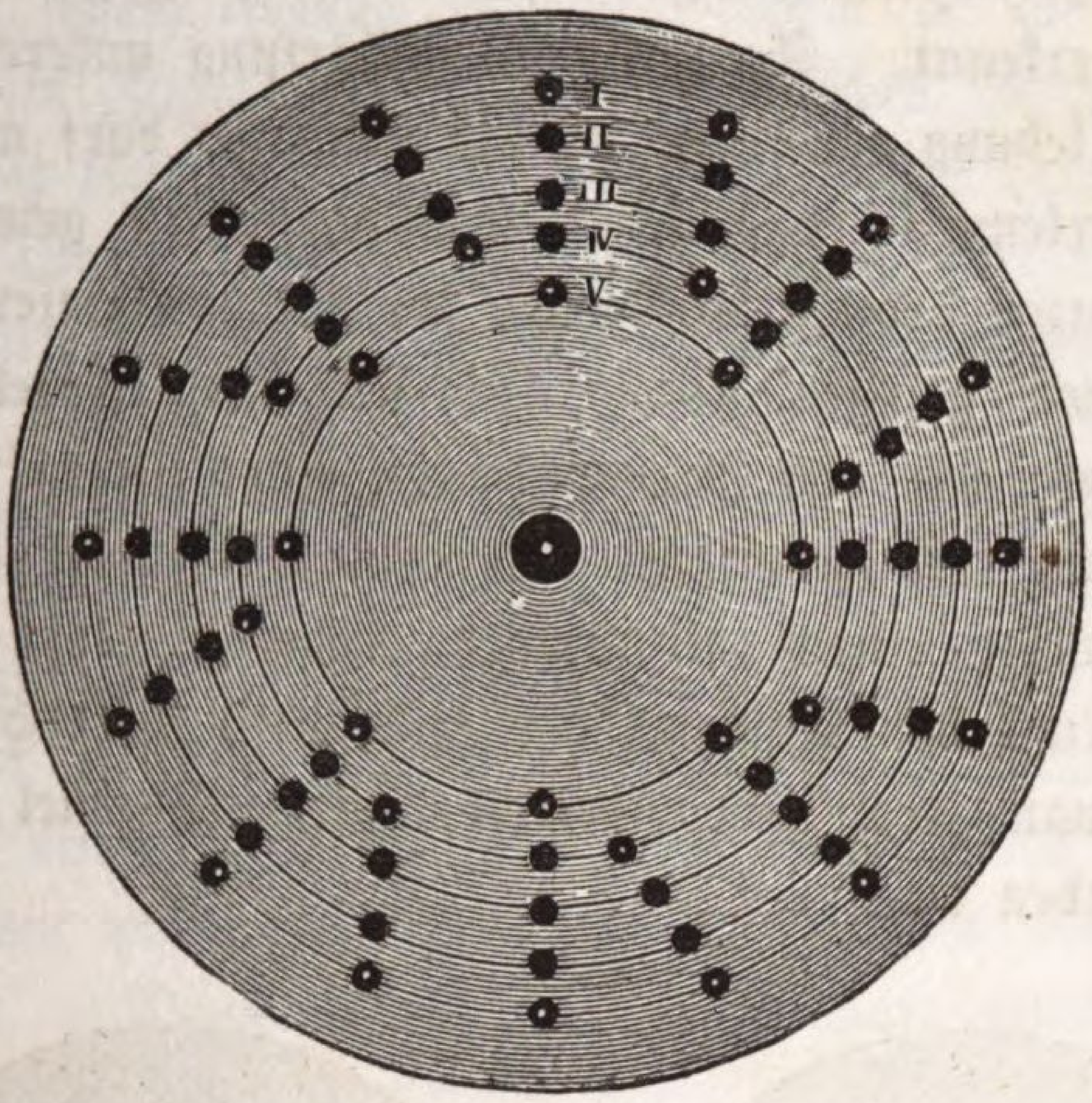
Die Thatsache, daß dem Hörnerv Grenzen gezogen sind in seiner Fähigkeit, die Wellenschläge der Luft als Ton zu empfinden, findet eine schöne Analogie in dem Gesichtssinne. Es gehört zu den Errungenschaften des 19. Jahrhunderts auf dem Felde naturwissenschaftlicher Forschung die wohlbegründete Ueberzeugung, daß die Erscheinungen der Wärme und des Lichtes, ähnlich denjenigen des Schalles, durch Schwingungs- und Wellenbewegung hervorgerufen werden. Die von der Sonne zur Erde strömenden Wärmefluthen, das Leuchten der Gestirne, die Helligkeit des Tages, der Glanz der Farben, Alles wird durch jene Form der Bewegung vermittelt und getragen, welche mithin eine der verbreitetsten in der Natur ist. Wer jemals das Farbenbild des durch ein Glasprisma zerlegten Sonnenlichtes im dunkeln Zimmer bewunderte, wird darin

alle Farben des Regenbogens, nur in weit größerer Reinheit wiedergefunden haben, Roth an der einen Grenze, Violett an der anderen. Man weiß, daß im äußersten rothen Strahl 435 Billionen Schwingungen in Einer Secunde den Sehnerv treffen, im äußersten violetten Strahl 821 Billionen. Aber es ist kein Zweifel, daß noch außerhalb jener Grenzen langsamere Schwingungen einerseits und raschere Schwingungen andererseits vorhanden sind; die ersteren verrathen sich durch eine höhere Temperatur, sie machen ein Thermometer steigen, die letzteren äußern chemische Wirkungen, sie vermögen Chlorsilber zu schwärzen, ja selbst die Lebensfunctionen der Pflanzen zu fördern, aber der Sehnerv empfindet sie nicht mehr. Doch ist es neuerdings einem englischen Physiker gelungen, das sichtbare Farbenbild jenseits des Violett auf seine sechsfache Länge auszudehnen, indem er Substanzen fand, welche das rasche Tempo der Schwingungen mäßigen und sie somit ins Bereich des Sehnervs ziehen.

Denken wir uns einen Körper in einem völlig verfinsterten Zimmer, bei lautloser Ruhe uns gegenüber gestellt und in anfangs langsame, dann immer raschere Schwingungen versetzt, so erhalten wir die erste Kunde von seinem Dasein durch das Ohr; sobald die Anzahl der Schwingungen etwa zehn in der Secunde übersteigt. Der Ton durchläuft die ganze Skale des Hörbaren, bis er endlich zwischen 30000 und 40000 Schwingungen wieder verschwindet. Wenn die Schnelligkeit des Erzitterns fort und fort zunimmt, so werden auch immer häufiger Wellenschläge nach allen Seiten hin sich verbreiten, allein wir sind mit keinem Organe begabt, welches sie zu empfinden vermöchte. Erst dann, wenn der Körper viele Billionen Schwingungen in der Secunde vollendet, fühlen wir, daß Wärme von ihm ausstrahlt und bei 400 Billionen beginnt er mit rothem Lichte zu leuchten. Wenn die Schwingungsmenge von 400 Billionen bis über 800 Billionen in der Secunde wächst, durchläuft der Körper alle Farben des Regenbogens von Roth, durch Orange, Gelb und Grün bis zu Blau und Violett; jenseits dieser Grenze verrathen die Wirkungen auf Daguerre'sche oder Talbot'sche Platten das Dasein einer Bewegung.

Die Löcherscheiben oder Zahnräder der Sirene bieten ein Mittel, zu untersuchen, ob die einzelnen Eindrücke in der That in streng gleichen Zeitabschnitten einander folgen müssen, wenn ein

Fig. 6.

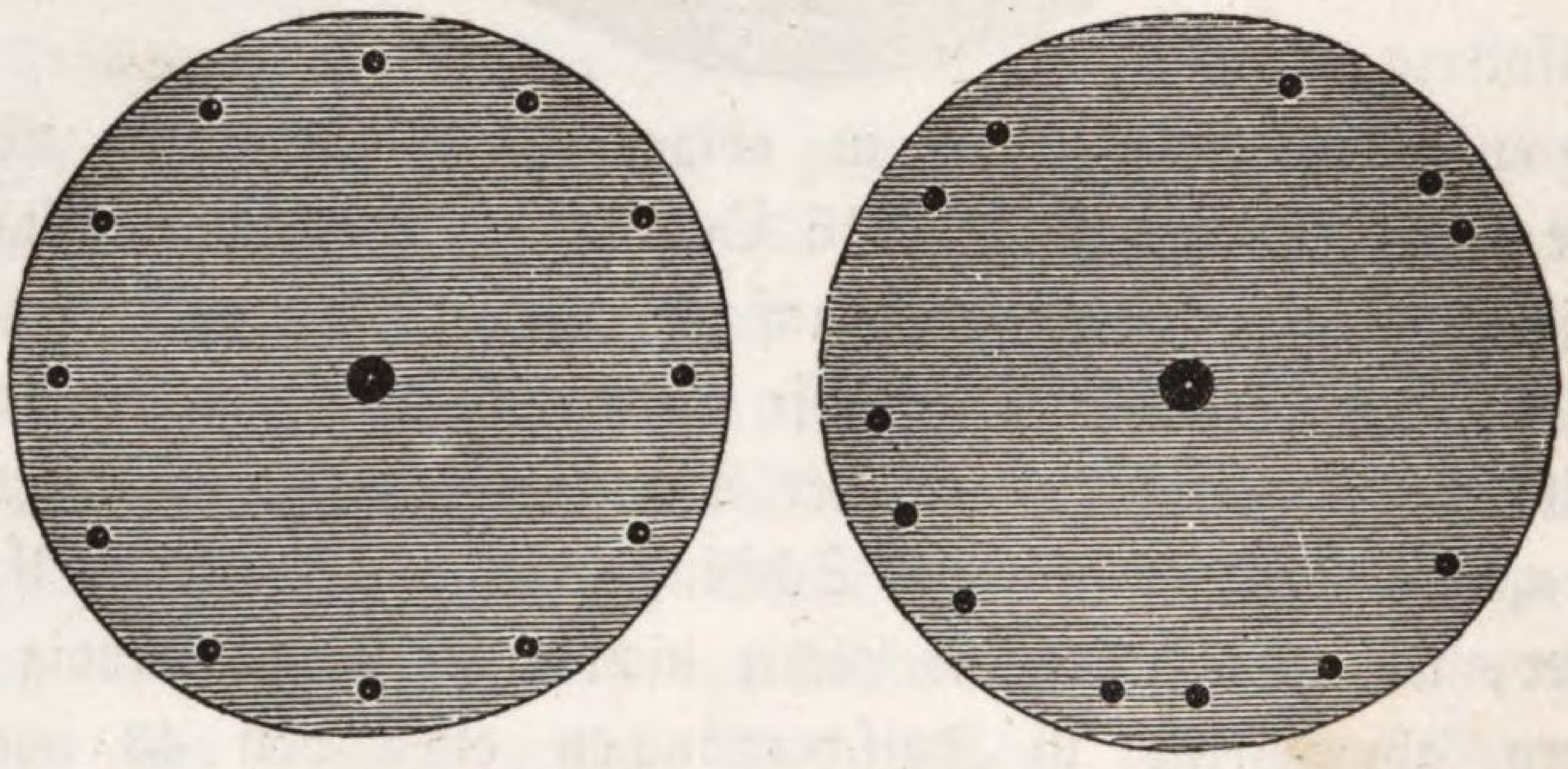


Ton entstehen soll. Die in obiger Figur dargestellte Löcherscheibe enthält in der Reihe I 16 Oeffnungen in gleichen Abständen von je 45 Theilen, wenn man auf den ganzen Umkreis 720 gleiche Theile rechnet. Bläst man diese Löcherreihe an, indem man der Scheibe 55 Umdrehungen in der Secunde ertheilt, so klingt der Ton a_2 von 55 . 16 = 880 Schwingungen. Die Reihe II, in welcher, wie man sieht, die Löcher nicht mehr gleichabständig sind, sondern abwechselnd in Zwischenräumen etwa von 43 und 47 Theilen einander folgen, läßt zwar auch noch den Ton a_2 hören, zugleich aber klingt die tiefere Octave desselben mit, so als wenn sich im Gehör die durch die gleichabständigen Oeffnungen 1, 3, 5 .. sowie die durch die Oeffnungen 2, 4, 6 .. dringenden Luftstöße unter sich combinirten. Wird die Abweichung von dem Isochronismus noch größer, indem die Intervalle 40 und 50 abwechseln, wie in der Reihe III, so hört man fast nur noch die tiefere Octave, der Ton a_2 tritt ganz zurück, bis endlich, wenn das kleinere Intervall ganz auf Null zusammengeschwunden, nur die halbe Anzahl der Oeffnungen übrig bleibt, wie in der Reihe V, und dann natürlich nur die tiefere Octave allein klingt. — Offenbar lehren

diese Versuche, daß ein unbedingter Isochronismus der elementaren Eindrücke zur Tonbildung nicht erforderlich ist. Sehr kleine Unterschiede vermag das Gehör hierin so wenig wahrzunehmen, als es sehr geringe Veränderungen der Schwingungszahl sogleich aus der Tonhöhe erkennt. So groß die Schärfung unserer Sinne ist, welche durch Uebung erworben werden kann, so darf man andererseits nicht verkennen, daß jeder Kunstgenuß in gewissem Grade durch die Grenzen bedingt ist, welche der Feinheit unserer sinnlichen Wahrnehmungen gezogen sind. Wie das Auge, welches entzückt über die Linien und den Farbenschmelz eines Rafael'schen Bildes schweift, vor der mikroskopischen Betrachtung desselben zurückschrecken würde, so müßte einem mit mathematischer Strenge urtheilenden Ohre jede Musik den Eindruck der widrigsten Kakophonie machen.

Wählt man zwei Löcherscheiben, mit gleich viel Oeffnungen, wie die folgenden:

Fig. 7.



deren eine sie in isochroner, die andere aber in völlig unregelmäßiger Folge enthält, so giebt die erste einen musikalischen Klang, die andere aber nur ein rasselndes Geräusch, aus Tönen verschiedener Höhe gebildet.

Die Stärke des Tones der Sirene hängt nur von der Kraft des Luftstromes ab, und die Tonhöhe kann durch letztere nicht geändert werden, sie ist nur durch die Anzahl der Oeffnungen und die Drehungsgeschwindigkeit der Scheibe bedingt. Daß bei den musikalischen Instrumenten, in welchen die Töne ausschließlich durch die Schwingungen elastischer Körper hervorgerufen werden, das Anwachsen oder Abnehmen der Schwingungsweite zwar ein An-

schwellen oder Abnehmen der Tonstärke, aber keineswegs eine Aenderung der Schwingungszahl, also der Tonhöhe, erzeugt, liegt in der besonderen Natur der elastischen Kraft begründet. Was der Sänger nur durch Uebung erreicht, indem er die Muskeln des Kehlkopfs dem Zügel des feinen musikalischen Gehörs unterwirft, das leisten die tönenden Körper der musikalischen Instrumente vermöge ihrer innern Natur von selbst und es verdient diese merkwürdige Thatsache, auf einen Augenblick unsere Aufmerksamkeit zu fesseln.

Die Eigenschaft, nach Aenderung des Raumgehaltes oder der Form durch eine äußere Kraft, in den früheren Zustand zurückzukehren, wenn jene Kraft zu wirken aufhört, spricht sich nicht an jedem Körper so deutlich aus, wie an einem Kautschoukstreifen, welchen man ausgezogen, an einer Stahlfeder, welche man gebogen, oder an einem prall gefüllten Luftkissen, welches man zusammengedrückt hat. Dennoch ist diese Eigenschaft allen Körpern in größerem oder geringerem Grade eigen. Nicht nur die Luft, auch das Wasser dehnt sich wieder aus, wenn der Druck entfernt wird, welcher seinen Raumgehalt verminderte. Streifen oder Fäden von Metall, Stäbe von Holz oder Glas, am oberen Ende befestigt, am unteren belastet, dehnen sich und gehen wieder zur anfänglichen Länge zurück, wenn man die Belastung wegnimmt. Bei jedem dieser Körper aber giebt es eine Grenze, welche diese Belastung und die von ihr abhängige Dehnung nicht überschreiten darf, ohne daß das innere Gefüge und damit auch die äußere Gestalt und Größe dauernd verändert wird. Eine ausgezeichnet weite Elasticitätsgrenze haben die Darmsaiten, wie sie an den Streichinstrumenten verwendet werden. Während Metallfäden meist schon reißen, ehe sie sich um ½ Procent ihrer Länge gedehnt haben, vertragen jene eine Dehnung bis zu 5, ja bis zu 12 Procent, und nehmen dann, wenn die Spannung wegfällt, ihre anfängliche Länge wieder an. Freilich werden diese Saiten auch mit besonderer Sorgfalt zubereitet. Nur für die höheren Töne der Harfe dienen einfache Darmsaiten; in dem a_1 der Violine sind 4, in dem d_1 sind 9, in dem d des Violoncelle's bis zu 24, in dem G des Contrebasses 48,

in dem D dieses Instrumentes bis zu 120 einfache Saiten zusammengedreht.

Einen Stab, eine Platte, die Wand einer Glocke, kann man nicht biegen, ohne daß einzelne Theile der Substanz zusammengepreßt, andere gedehnt werden. Darum kehren diese Körper alsbald in ihre anfängliche Lage und Form zurück, wenn die biegende Kraft nicht mehr wirkt. Aber die Bewegung, welche die Masse auf diese Weise annimmt, treibt sie über die Lage des Gleichgewichts hinaus, bis sie sich durch die Gegenwirkung der elastischen Kraft erschöpft hat; die Schwingungen, welche auf diese Art eingeleitet sind und deren lebendige Kraft sich nur allmälig auf die umgebende Luft und auf die Widerlagen an den Befestigungspunkten des schwingenden Körpers überträgt, sind die Ursache des Tones.

Die elastische Reaction auch der steifsten Körper kann bis zum Unmerklichen vermindert werden, wenn es gelingt, sie in äußerst dünne Flächen oder Fäden auszudehnen. Am feinen Goldblatt scheint jede Elasticität verschwunden, so gut wie an der Holzfaser in den baumwollenen, hänfenen und leinenen Fäden, an der Seide und an dünnen thierischen Häuten; auch feine Metallfäden erweisen sich biegsam und geschmeidig. Alle diese Körper werden erst durch äußere Spannung zu Tonschwingungen geeignet, ihre innere Natur kommt nur insofern in Frage, als davon ihr Gewicht und der Grad der Spannung abhängt, welchen sie noch zu ertragen vermögen. Aber einmal dieser Spannung unterworfen, ist ihr Verhalten, die Art, wie sie um die Gleichgewichtslage schwingen, wenn sie daraus entfernt wurden, in Nichts verschieden von der Bewegung solcher Körper, bei welchen die innere Anordnung der Moleküle der Einwirkung äußerer Kräfte sich entgegenstemmt.

Was auch die Ursache der elastischen Rückwirkung sei, die Gesetze der Bewegung sind die nämlichen, welche Galilei an der schwingenden Lampe des Domes zu Pisa wahrnahm und welche wir an jedem Secundenpendel einer Wanduhr beobachten können. Für das Wesen des Schalles aber ist von diesen Gesetzen das bedeutungsvollste, daß größere und kleinere Schwingungen in gleichen Zeiten vollendet werden. Sei es, daß man elastische Stäbe dehnt oder biegt, daß man Luft zusammenpreßt,

oder Saiten anzieht, immer findet man, daß die Größe der Veränderung in der Form, in dem Raumgehalt oder der Lage der Körper in gleichem Verhältnisse mit der angewendeten Kraft wächst. Wenn 1 Pfund, in der Mitte einer Contrebaßsaite angehängt, diese um 1 Linie aus ihrer Ruhelage entfernt, so bringen 2 Pfund eine Ausbiegung von 2 Linien hervor. Wenn 10 Pfund eine senkrecht aufgehangene Claviersaite um $\frac{1}{1000}$ ihrer Länge dehnen, so bringen 100 Pfund eine Dehnung von $\frac{10}{1000}$ hervor. Gerade in diesem Umstande, welcher sich innerhalb der Grenzen bewährt, innerhalb welcher die Kräfte keine dauernden Veränderungen im Gefüge der elastischen Körper erzeugen, ist der Isochronismus größerer und kleinerer Schwingungen begründet. Denn in gleichem Verhältnisse mit der Größe des Weges wächst auch die Energie der elastischen Reaction, welche die Masse forttreibt.

---

2. Die Violine.

(Fortsetzung.)

Es ist für die Instrumentalmusik von keiner geringen Bedeutung, daß die Bedingungen der Tonstärke von denjenigen der Tonhöhe geschieden sind durch die Natur der elastischen Kraft, welche großen und kleinen Schwingungen gleiche Dauer sichert. Jedes crescendo oder decrescendo würde sonst von einer Aenderung der Tonhöhe begleitet sein, welche ja mit der Schwingungsdauer auf das Engste verknüpft ist. Je größer die Ausbiegungen der Saite beim Tönen sind, mit je größerer Geschwindigkeit sie demnach durch die Ruhelage eilt, um weitere Schwingungen in gleicher Zeit zu vollenden, mit um so größerer Heftigkeit stößt sie die Luft vor sich her und verdichtet sie, oder läßt sie, zurückweichend, in verdünntem Zustand zurück, — desto stärker ertönt sie. Während der Künstler den Violinbogen von leiser Berührung bis zum kräftigen Striche aufsetzt, schwillt der Ton vom zärtesten Hauche bis zu imponirender Stärke an, aber die Tonhöhe steht unveränderlich fest. Aeußere Hindernisse, wie der Widerstand der Luft, oder die Reibung an den Befestigungspunkten, vermögen die Bewegung des tönenden Körpers mehr oder weniger rasch zu verzehren, aber an der Tonhöhe ändern sie nichts, so wenig, wie der über die Saite streichende Bogen. Das Haarband desselben wird von dem Künstler mit Harz bestrichen, damit es besser an der Saite hafte und sie so weit aus der Gleichgewichtslage ziehe, bis die elastische Rückwirkung endlich überwiegt und sie losreißt. Die heftigen Schwing=

ungen lassen zunächst kein neues Anhaften zu; erst wenn sich ihre Stärke gemäßigt hat, wirkt der Bogen aufs Neue und dieß Spiel wiederholt sich, ähnlich dem Angriff einer feinen Feile, in kurzer Zeit so oft, daß die kleinen Ungleichheiten der Tonstärke unserer Wahrnehmung gänzlich entgehen. Die zarten Uebergänge, in welchen eine gute Bogenführung den Ton durch alle Stufen der Stärke hindurch zu leiten vermag, der stetige Zufluß neu erregender Kraft, welcher der Saite durch den Bogen geboten wird, sind es, welche den Streichinstrumenten einen so entschiedenen Vorrang in Ausdruck und Tonfülle vor den Saiteninstrumenten des Alterthums verliehen haben. Es ist unbestreitbar, daß mit Vervollkommnung der Bogeninstrumente zu Anfang des 17. Jahrhunderts eine neue Aera der Instrumentalmusik begonnen hat, welche selbst nicht ohne mannichfaltige Rückwirkung auf die Entwicklung der Musik selbst geblieben ist.

Die Töne der Lyra, der Cither, der Harfe, der Laute oder Guitarre verhallen rasch nach dem Anschlag der Saiten, da sich die bewegende Kraft bald vollständig auf die umgebende Luft übertragen hat. Die Luftwellen, in deren Erregung die Saite ihre Kraft erschöpft, sind die Boten, welche dem Gehöre den Ton bringen und er würde nimmermehr dahin gelangen, wenn nicht zwischen dem schwingenden Körper und dem empfindenden Nerv eine ununterbrochene Kette materieller Theile sich befände. Der Ton einer Schelle, welche ein Uhrwerk unter der Glocke der Luftpumpe in fortdauernder Bewegung erhält, wird immer schwächer gehört, je weiter man die Luft verdünnt; er würde ganz ersterben, wenn nicht ein kleiner Rest an den Fäden, an welchen die Schelle hängt, auf die Umgebung sich übertrüge. Läßt man wieder die atmosphärische Luft oder ein anderes Gas unter die Glocke der Luftpumpe treten, so schwillt der Ton von Neuem zur früheren Stärke an; er wird noch lauter, wenn man die Luft verdichtet. Offenbar hängt die Stärke des Tones, außer von der Schwingungsweite des tongebenden Körpers auch von der Massenhaftigkeit des umgebenden Mittels ab, welchem diese Schwingungen eingeprägt werden. Darum geht der Schall in den festen Massen des Bodens noch auf größere Entfernungen fort, als selbst durch die Luft. Man legt

das Ohr gegen den Boden, um entferntes Geschützfeuer oder den Trab einer Reiterkolonne zu vernehmen; mancher unterirdische Spuck hat sich schon akustisch gelöst, da man nur die Hammerschläge aus weit entfernten Bergwerken, oder Bohrbrunnen vernommen hatte. Aber die merkwürdigsten Beobachtungen knüpfen sich an das unterirdische Getöse entfernter Erdbeben und vulkanischer Ausbrüche. Die knallenden Schläge bei dem Ausbruch des Cosiguina im Jahre 1834 wurden noch in Santa-Fé, in 230 Meilen Entfernung, wie der Donner eines nahen Gewitters gehört; nur daß sie unmittelbar aus der Erde heraufzudröhnen schienen. Es war dieß nicht anders, als wenn der Ausbruch eines Vulkans im Herzen von Deutschland gleichzeitig in Madrid und in Moskau vernommen worden wäre.

Vitruv hat in seiner Architectur die Ausbreitung des Schalles in der Luft recht anschaulich mit den folgenden Worten erläutert: „Der Ton ist ein fliegender Hauch, welcher die Luft erschüttert und sich dadurch unserm Ohre kund gibt. Dabei bewegt sich die Luft in zahlreichen concentrischen Kreisen, gleich den Wellen des Wassers, in welches ein Stein geworfen wird. Diese schreiten ja auch in unzähligen Kreisen von ihrem Mittelpunkt nach auswärts, bis sie von einer Begrenzung des Raumes oder sonst einem Hinderniß aufgehalten werden. Ganz ebenso schreitet auch der Schall in Kreisen durch die Luft fort. Allein im Wasser gehen diese Kreise nur in der Breite und in wagerechter Richtung fort, während der Schall in der Luft auch in der Höhe und Tiefe allmälig immer weiter schreitet.“ *)

---

*) Es ist nicht ohne Interesse, diese eben so anspruchslose als richtige Beschreibung des römischen Baumeisters mit der Definition des Schalles zu vergleichen, wie sie der berühmteste Philosoph des 19. Jahrhunderts giebt: „Wird ein cohärenter Körper von einem anderen geschlagen, gestoßen, gedrückt, so wird seine Materialität als raumeinnehmend und somit seine Oertlichkeit negirt. So ist die Negation des materiellen Auseinander vorhanden, aber ebenso die Negation dieser Negation, das Wiederherstellen der Materialität. — — Das Negiren des Auseinanderbestehens der materiellen Theile wird ebenso negirt, als das Wiederherstellen ihres Auseinanderseins und ihrer Cohäsion. Diese Eine Idealität als Wechsel der einander aufhebenden Be-

Wie mit den Wellen eines Wasserspiegels nicht das Wasser selbst weiter fließt, sondern nur ein Bewegungszustand der Theilchen sich fortpflanzt, so ist es auch in den Schallwellen, mögen sie nun in der Luft, im Wasser, oder im Erdboden sich verbreiten. Wie ein Stoß durch eine Reihe elastischer Kugeln, so eilt die Schallwelle von Schichte zu Schichte, eine nach der andern erschütternd und sie dann in lautloser Ruhe zurücklassend.

Alle Violinen werden für einerlei Tonhöhe gebaut und erhalten die nämliche Stimmung; hiermit ist zugleich, wie eine genauere Analyse ihres Baues zeigen wird, die vortheilhafteste Größe des Ganzen, wie der Theile bestimmt. Die Tonfülle wächst zwar mit der Ausdehnung der schwingenden Massen, doch nicht in gleichem Verhältnisse mit diesen, da ganz allgemein höhere Töne, bei gleicher Schwingungsweite der Tonquelle, in gleichen Zeiten dem Gehörorgane zahlreichere Erschütterungen zuführen, als tiefe. Auch der oberflächlichen Beobachtung kann dieses stärkere Hervortreten höherer Töne nicht entgehen. Was aber einer Violine vor der anderen entschiedenen Vorrang giebt, ist der eigenthümliche Character des Klanges, die von den Musikern sogenannte Klangfarbe oder Qualität des Tones.

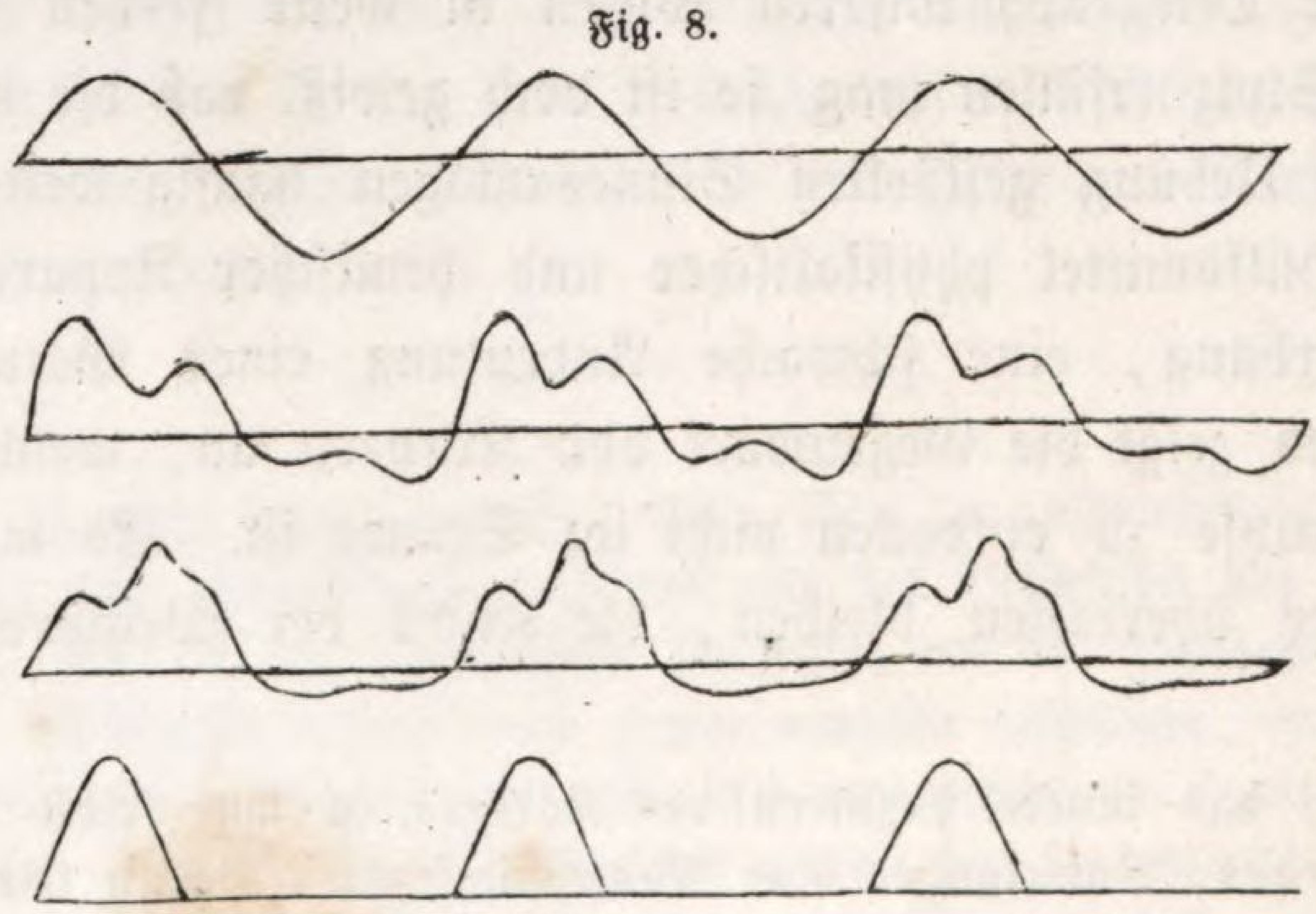
Wie sehr auch die wunderbare Steigerung unserer Sinneskräfte durch das Fernrohr oder das Mikroskop, die Blitzesschnelle, womit der Telegraph unseren Willen in weite Fernen kund thut, uns mit Stolz erfüllen mag, so ist doch gewiß, daß die natürlichen und durch Uebung gestärkten Sinnesanlagen häufig weiter reichen, als alle Hülfsmittel physikalischer und chemischer Apparate. Eine leichte Färbung, eine schwache Andeutung eines Geruches oder Geschmackes zeigt die Gegenwart von Körpern an, welche die chemische Analyse zu entdecken nicht im Stande ist. Es mag würdigerer Feder überlassen bleiben, die Kunst der Weinprobirer und

---

stimmungen, das innere Erzittern des Körpers in ihm selbst — ist der Klang (Hegel, Vorlesungen über Naturphilosophie, Berlin 1842, S. 204 und 205). Daß hieraus keine Vorschrift für den Bau einer Violine zu ziehen ist, ginge noch an; allein wer die physikalischen Bedingungen der Tonbildung nicht im Voraus kennt, wird aus jenen Sätzen auch nicht eine entfernte Ahnung der Wahrheit schöpfen können.

Theeschmecker zu preisen, welche die Heimath, die Lage und den Jahrgang des Gewächses mit der Zunge herauszufühlen wissen. Dagegen schenken wir unsere Aufmerksamkeit der eigenthümlichen Gabe, das Instrument eines Antonio Amati von dem eines Giuseppe Guarneri oder eines Stainer, allein nach dem Tone, zu unterscheiden. Die Frage nach dem Zusammenhang der characteristischen Bauart dieser Instrumente mit ihrer Klangfarbe ist verwandt mit derjenigen, warum ein Ton von gleicher Höhe und Stärke auf der Trompete anders laute, als auf der Violine, auf dem Horn anders, als auf dem Fortepiano. Alles was diese Instrumente in der Masse, woraus sie bestehen, in ihrem Bau und ihrer Schwingungsart Verschiedenes haben, kann auf den Ton nur insofern von Einfluß sein, als der eigenthümliche Wellenschlag der Luft dadurch bedingt ist; denn nur durch ihn kommt uns der Ton zu. Die Zahl der Wellenschläge in der Zeiteinheit bestimmt die Höhe, die Größe der in der Welle erzitternden Masse und ihre Geschwindigkeit die Stärke des Tones, die Klangfarbe kann allein abhängig sein von der Form der Welle, von der Art, wie die Verdichtung abnimmt und in Verdünnung übergeht, ob allmälig, wie in der schönen Welle eines ruhigen Wasserspiegels, oder in jähem Absturz, wie in einer brandenden Woge, ob ebenmäßig, oder in unregelmäßig wechselnder Weise.

Fig. 8.

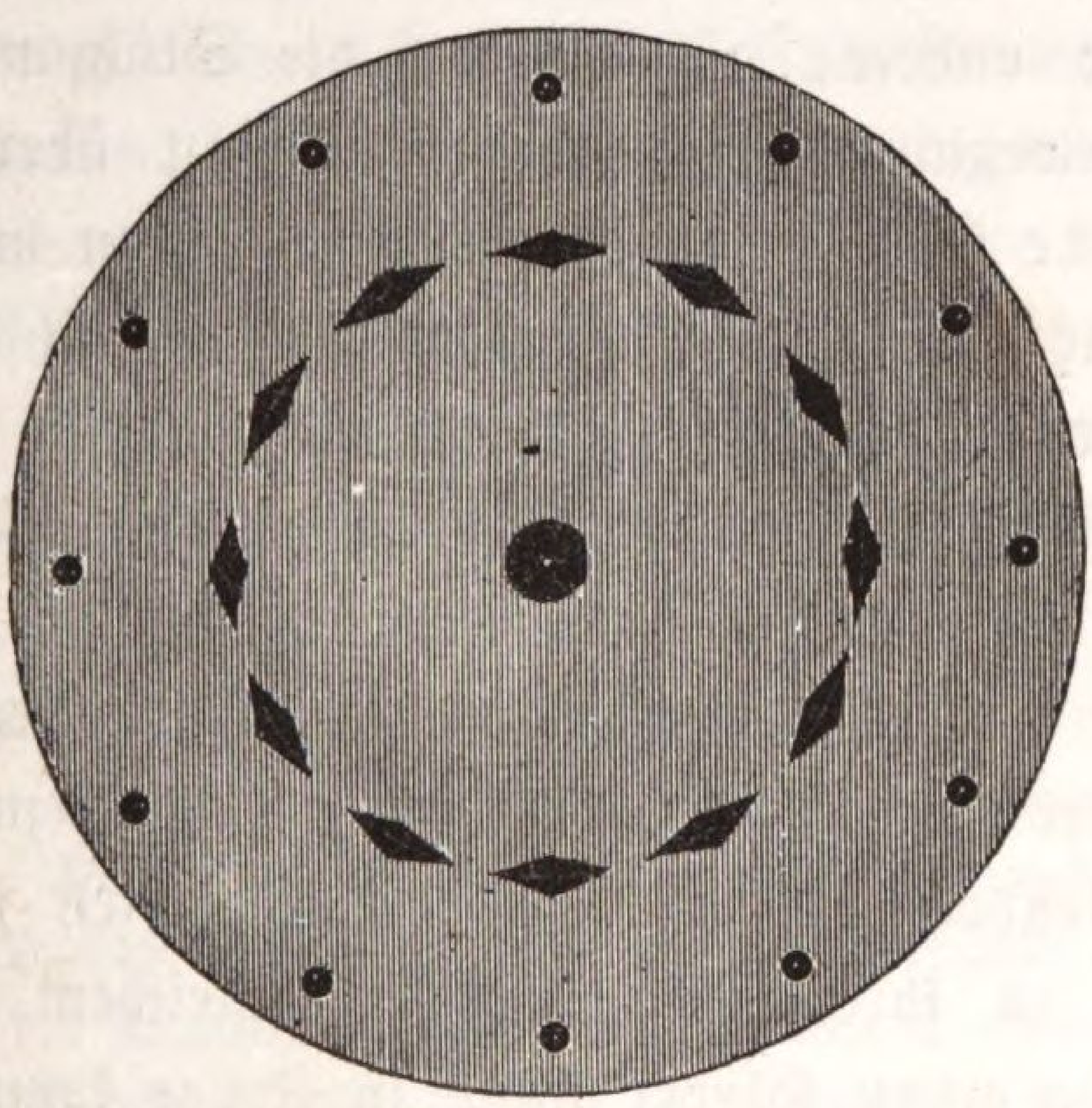


Wenn die Wellenberge in vorstehender Figur die Verdichtungen, die Wellenthäler die Verdünnungen der Luft bedeuten, so ist es wahrscheinlich, daß der erste Wellenzug einem vollkommen

reinen Tone entspricht, wie ihn eine Sonntag zu geben vermochte. Je mehr Unregelmäßigkeiten in den folgenden Wellenzügen hinzutreten, desto unreiner wird der Ton, desto mehr machen sich neben ihm noch solche Geräusche bemerklich, wie das Zischen der Flöte, das Kratzen oder Schnarren der Streichinstrumente, das Schmettern der Trompete oder das Brummen des Fagott's. Je vollendeter der Bau eines Instrumentes durch eine glückliche Uebereinstimmung aller Theile ausgefallen ist und je vollkommener es gespielt wird, desto mehr treten jene characteristischen Klangverschiedenheiten zurück und es ist nicht unmöglich, daß bei sehr kunstvoller Ausführung der Hörer im Zweifel bleibt, ob er den Ton einer Flöte, einer Violine oder der menschlichen Singstimme vernimmt.

Der letzte der oben dargestellten Wellenzüge versinnlicht die Luftstöße, welche den Ton einer Sirene bilden. An diesem Instrument gelingt es, den Einfluß der Wellenform auf die Klangfarbe zu beobachten, da man leicht mannichfache Abänderungen in der Gestalt der Oeffnungen, in dem Verhältniß ihrer Weite zur Größe der Zwischenräume, welche sie trennen, anzubringen vermag.

Fig. 9.



Der gewöhnliche Sirenenton ist schnarrend, um so mehr, durch je größere Zwischenräume die einzelnen Wellenstöße getrennt sind; man kann ihm aber mehr Klang geben, wenn man anstatt der Löcherreihe des äußeren Kreises der vorstehenden Figur, die des

inneren anwendet. Die Wellenstöße rücken dann dichter aneinander und nehmen in allmäligem Flusse zu und ab.

Nur der kleinste Theil des markigen glänzenden Tones der Violine geht von den Saiten unmittelbar aus. Man darf in der That nur einmal eine Violinsaite zwischen zwei wenig elastischen Massen, z. B. zwischen zwei Stücken Blei ausspannen, um die Ueberzeugung zu gewinnen, daß ein solch dünner Faden, welcher der Luft wenig Oberfläche darbietet, nur schwach tönende Wellen in derselben zu erregen vermag. Während diese kaum hörbar sich verbreiten, giebt die Saite den größten Theil ihrer Bewegung durch Stöße gegen ihre Befestigungs- oder Stützpunkte ab und es ist die Aufgabe des Instrumentenbaus, diesen Theil für die Tonerzeugung möglichst nutzbar zu machen. Der Wissenschaft bleibt zwar im Allgemeinen kaum mehr übrig, als zu zeigen, daß die Mittel zur Erreichung jenes Zweckes, welche den gemeinschaftlichen Namen der Resonanz führen, nicht besser gewählt werden konnten, als es durch eine geschickte und beharrliche Empirie geschehen ist; aber im Einzelnen, in der Ausführung nach Zahl und Maß, wird sie den Anspruch nicht aufgeben, selbst dem so vervollkommneten Bau der Streichinstrumente noch Dienste zu leisten. Die Aufgabe der Resonanz ist keine andere, als die auf die Stützpunkte der Saiten übergehende Bewegung auf solche Körper zu übertragen, welche leicht in elastische Schwingungen versetzt werden und zudem durch ihre Form befähigt sind, in der umgebenden Luft kräftige Schallwellen zu erregen.

Derselbe Stoß, welcher eine Stahlfeder, eine Glocke, eine Glas- oder Holzplatte in tönende Schwingungen versetzt, verursacht in einer Bleimasse höchstens eine Quetschung oder Biegung. Elasticität ist darum das erste Erforderniß eines Resonanzmittels. Stahl, Glas und Fichtenholz besitzen diese Eigenschaften im höchsten und im Verhältniß zu ihrem Gewichte fast gleichem Grade. Doch können die beiden ersten Körper kaum in Frage kommen, insbesondere, wenn man bedenkt, daß der Stahl etwa 14mal schwerer ist, als Fichtenholz und daß er, so dünn ausgearbeitet, um nicht durch sein Gewicht beschwerlich zu fallen, nicht den weichen und doch kräftigen Klang des Holzes, sondern einen klirrenden Ton ausgiebt.

Aber selbst das elastischste Fichtenholz würde nur geringe Dienste leisten, wenn man es in plumpen Massen mit der Saite verbinden wollte; offenbar ist die Form dünner Platten die geeignetste, da sich bei ihr geringes Gewicht mit einer großen Wirkungsfläche gegen die Luft vereinigt und in der That findet man die höchst elastischen, leichten und doch festen Platten von geradefaserigem Fichtenholze als Resonanzböden sowohl der Streichinstrumente, als der Pianoforte's, der Harfe, der Cither, der Laute und Guitarre angewendet.

Auch die Luft, welche der Körper der Violine einschließt, geräth in selbständige Schwingungen, welche sich durch die im Resonanzboden angebrachten Oeffnungen der umgebenden Luft mittheilen, auch sie trägt daher zur Verstärkung der Schallwellen bei. Die Luft ist, wenn sie zwischen starre Wände eingeschlossen ist, ein so vortreffliches Resonanzmittel, daß man den Ton von Körpern, welche ihr eine etwas größere Fläche bieten, als die Saiten, wie z. B. von schwingenden Metallzungen, von Platten und Glocken, ohne Dazwischenkunft von Resonanzböden, allein durch Luftresonanz, wesentlich verstärken kann.

Ueber die Bedeutung der einzelnen Theile der Violine und den Zweck ihrer Anordnung hat eine Untersuchung Savart's, welcher wir in den nächsten Betrachtungen vorzugsweise folgen, am meisten Licht verbreitet.*) Maupertuis hatte die Ansicht vertheidigt, daß die Körper der Saiteninstrumente aus solchen Substanzen bestehen müßten, welche man als eine Nebeneinanderlagerung von Fasern verschiedener Länge betrachten könne, damit der

*) Es handelt sich hierbei nicht um das im Jahre 1819 erschienene: Mémoire sur la construction des instrumens à cordes et à archet par Felix Savart. Wir sehen vielmehr von dieser in ihren wissenschaftlichen Gesichtspunkten klassischen Arbeit ab, weil die vom Verfasser darin begründete neue Construction der Bogeninstrumente mit ebenen Deck- und Bodenplatten, in Form eines länglichen Trapezes, und mit symmetrischer Anordnung des Balkens, bei den Musikern keinen Eingang gefunden hat. Savart's Violine hat übrigens nach dem Urtheil Sachverständiger kaum weniger Tonstärke, als die besten italienischen. Nur ist der Klang reiner und sanfter und gerade die Abwesenheit der den eigentlichen Ton mit eigenthümlich einschneidender Schärfe begleitenden Geräusche macht man ihr zum Vorwurfe.

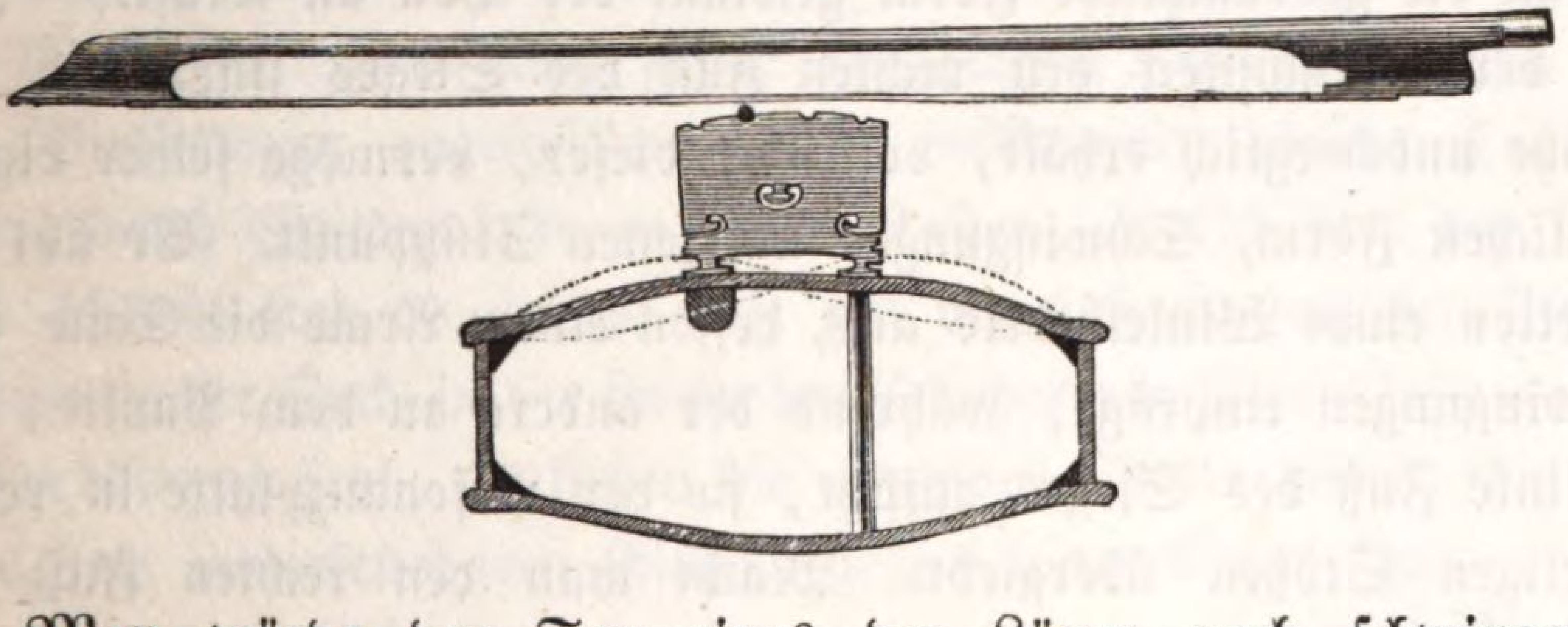
Ton einer Saite jedesmal durch das Mitschwingen einer gleich gestimmten Faser verstärkt werde. Es sollte aus dieser Ansicht sich erklären, warum ein Geigeninstrument, welches man zertrümmert und wieder zusammengesetzt habe, besser töne, als vorher. Allein die Sache selbst gehört zu den Fabeln. Man kann sich leicht überzeugen, daß sowohl die Decke als der Boden der Violine, seien sie nun unverletzt oder nach dem Zerbrechen wieder zusammengesetzt, vor wie nachher nicht etwa als eine Vereinigung elastischer Fasern, sondern als nach jeder Richtung zusammenhängende homogene Platten schwingen. Wenn man trocknen Sand auf die Decke oder den Boden der Violine streut, ehe man sie ertönen läßt, so zeigt dieser durch seine Anordnung die Ruhelinien an, durch welche die einzelnen schwingenden Felder jener Platten geschieden sind. Die Abtheilungsart ist bei beiden Platten die nämliche.

Unter dem rechten Fuße des Steges, nur wenig nach abwärts verschoben, ist zwischen Decke und Boden ein dünner Holzcylinder eingestellt, von den deutschen Künstlern der Stimmstock, von den französischen sehr bezeichnend die Seele (l'âme) der Violine genannt. Nimmt man dieses Stäbchen heraus, so verliert der Ton des Instrumentes seine kräftige markige Natur, er wird arm und dünn. Die Schwingungsbewegung fließt aus der Saite durch den Steg auf die Decke, den eigentlichen Resonanzboden der Violine, über und wird durch den Stimmstock sowohl, als durch die Seitenwände (die Zargen) auf die aus Ahornholz bestehende Bodenplatte übertragen. Offenbar wird, wenn der Stimmstock fehlt, diese Uebertragung unvollständiger, allein man überzeugt sich leicht, daß diese Function jenes kleinen Stäbchens nur eine untergeordnete ist, da man den Stimmstock auch mittelst eines besonderen, auf den Zargen aufgesetzten Gestelles von Oben, oder durch eine durch den Boden gebrochene Oeffnung von Unten gegen die Decke pressen, ja da man ihn sogar durch ein auf die Decke gelegtes Gewicht von gewisser Größe ersetzen kann, ohne merklich an der Stärke des Tones zu verlieren.

Der Hauptzweck des Stimmstocks ist, der Schwingungsbewegung der beiden Platten des Violinkastens eine Richtung senkrecht gegen ihre eigene Flächenausbreitung zu geben, die einzige

Schwingungsart, bei welcher sie in der angrenzenden Luft hinreichend kräftige Wellen zu erregen vermögen. Nimmt man den Stimmstock aus der Violine und durchbohrt Boden und Decke so, daß man nach Belieben mit dem Bogen die Saiten parallel mit der Fläche der Platten, also wie gewöhnlich, oder auch rechtwinkelig mit denselben anstreichen kann, so hört man im ersten Falle nur einen schwachen Ton, im letztern aber ganz den kräftigen glänzenden Klang der Violine. Es steht diese Beobachtung im innigsten Zusammenhange mit einem ganz allgemeinen Gesetze, wonach bei Verbreitung von Schwingungen in einem zusammengesetzten Körper die Bewegung der Moleküle auch in den entferntesten Theilen derjenigen an der Erregungsstelle parallel bleibt. Fehlt daher der Stimmstock in der Violine, so würden bei der gewöhnlichen Art, die Saiten zu streichen, nur die Zargen sich mit ihrer ganzen Fläche gegen die umgebende Luft bewegen, Decke und Boden aber nur zur Leitung dienen. Es tritt jedoch noch ein Umstand dazwischen, welcher es, auch bei fehlendem Stimmstock, nicht zu diesem Aeußersten kommen läßt. Wie ein senkrecht gestellter Stab, gegen welchen man von Oben einen Schlag führt nicht nur in seiner Längenrichtung erschüttert, sondern in Folge dieser Erschütterung seitlich gebogen wird, so geschieht es auch, daß eine Saite, ein Stab oder eine Platte, welche man in Längenschwingung versetzt, zugleich transversale Ausbiegungen von gleicher Dauer annehmen, etwa wie sie in folgender Figur für die Resonanzplatte der Violine in starker Vergrößerung durch die punctirten Linien angedeutet sind.

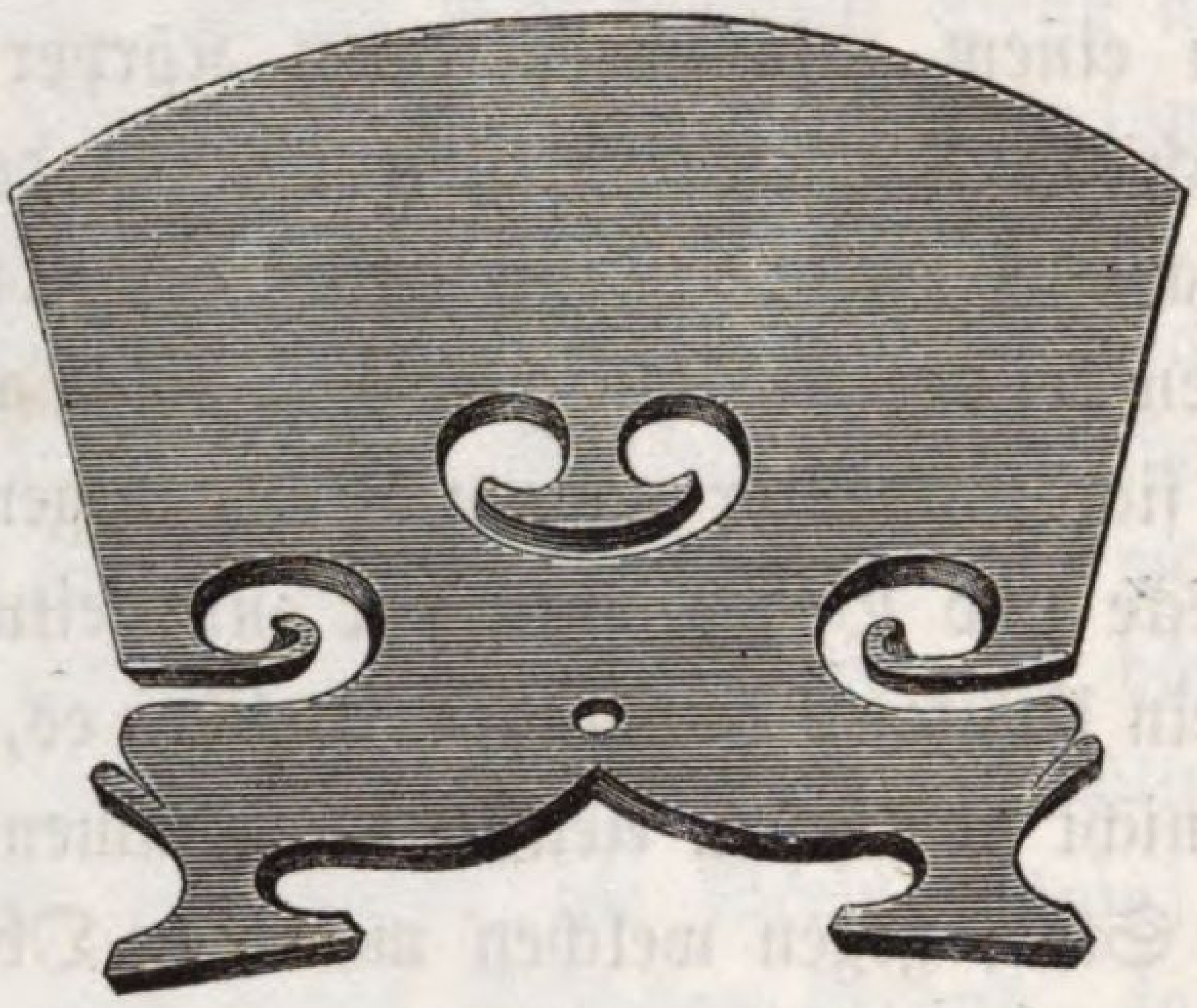
Fig. 10.



Man würde den Ton eines der Länge nach schwingenden Stabes oder einer Platte wohl kaum vernehmen, wenn seine Bewegung nicht von solchen Querbiegungen begleitet wäre. Aber auch

sie vermögen nur einen schwachen Ersatz für die Tonfülle zu bieten, welche dann eintritt, wenn die erregende Kraft unmittelbar rechtwinkelig gegen die Platten gerichtet ist. Da man dieß bei den Streichinstrumenten nur dann haben könnte, wenn die Saiten auf der schmalen Seite über den Zargen ausgespannt wären, so haben die Künstler Ersatz durch den Stimmstock geboten, dessen Wirkung wesentlich durch die eigenthümliche Form des Steges bedingt ist.

Fig. 11.



Diese Form, welche nur ein Spiel der Laune zu sein scheint, kann selbst in ihren kleinsten Einzelheiten nicht ohne Schaden aufgegeben werden. Ersetzt man den Steg durch ein Holzplättchen, welches nur dem äußeren Umfang nach seine Form hat, so giebt die Violine fast keinen Ton; dieser tritt wieder hervor, wenn man die Füße des Steges ausschneidet, und mit jeder weiteren Annäherung an die gebräuchliche Form gewinnt der Ton an Kraft. — Indem der Stimmstock den rechten Fuß des Steges stützt und ihn beinahe unbeweglich erhält, vollendet dieser, vermöge seiner eigenthümlichen Form, Schwingungen um jenen Stützpunkt. Er übt die Function eines Winkelhebels aus, dessen einem Arme die Saite ihre Schwingungen einprägt, während der andere an dem Punkte, wo der linke Fuß des Steges aufsitzt, sie der Resonanzplatte in rechtwinkeligen Stößen übergiebt. Macht man den rechten Fuß des Stegs durch Einklemmen in eine Zange unbeweglich, so verliert zwar der Ton der Violine etwas; unvergleichbar größerer Eintrag geschieht ihm aber, wenn man dem linken Fuß auf dieselbe Weise

seine Beweglichkeit raubt, da dieser es ist, welcher im Auf- und Niedergang den Resonanzboden zu bewegen hat. Damit diese Bewegung sich dem Resonanzboden in seiner ganzen Länge einpräge und sich dieser, namentlich bei den höheren Tönen, nicht in eine beträchtliche Zahl kleiner schwingender Felder theile, läuft unter demselben und unter dem linken Fuße des Steges eine Verstärkung in Form eines Stäbchens (der Balken) längs des ganzen Kastens der Violine. Die Wirkung desselben wird noch durch den Umstand unterstützt, daß die Fasern des Resonanzholzes stets der Länge nach laufen, eine Fichtenplatte aber in Richtung der Fasern einer Biegung kräftiger widersteht, als senkrecht gegen dieselben. Uebrigens erfüllt der Balken sowohl wie die gewölbte Form der Decke den Zweck, dem Ganzen mehr Widerstandsfähigkeit gegen die etwa 54 Pfund betragende Spannung der Saiten zu geben.

Die Schwingungen der Saiten würden sich nicht mit gleicher Kraft auf den Resonanzapparat der Violine übertragen, wenn der Bogen in der Mitte der Saite, anstatt in der Nähe des Stegs angriffe. Die unsymmetrischen Ausbiegungen, welche die Saite an dieser Stelle annimmt, pflanzen sich längs derselben fort und üben an ihrem zweiten Stützpunkt, am Hals der Violine, hinlänglich kräftige Stöße aus, um auch diesen noch in merkliche Erschütterung zu versetzen. Es ist darum nicht gleichgültig, aus welcher Substanz derselbe gebildet ist. Zu hartes oder zu weiches Holz schadet der Güte des Tones und derselbe verliert merklich an Kraft, wenn man den Hals und die unteren Befestigungspunkte der Saiten ganz von dem Kasten der Violine trennt.

Wenn man zwei gleich große Holzplatten, welche, einzeln mit dem Violinbogen angestrichen, nicht vollkommen gleiche Tonhöhe geben, durch Seitenwände zu einem Kasten, ähnlich dem der Violine, schließt und die innere Luft mit der äußeren mittelst Durchbrechungen der Decke in der Form der F-löcher der Streichinstrumente in Verbindung setzt, so stehen die einzelnen Theile dieses Systems unter dem unverkennbaren Einfluß gegenseitiger Einwirkung. Nicht nur geben beide Platten, wenn man durch eigens in denselben angebrachte Durchbohrungen den Bogen rechtwinkelig gegen ihre Fläche führt, genau einerlei Ton, sondern auch die im Kasten eingeschlossene

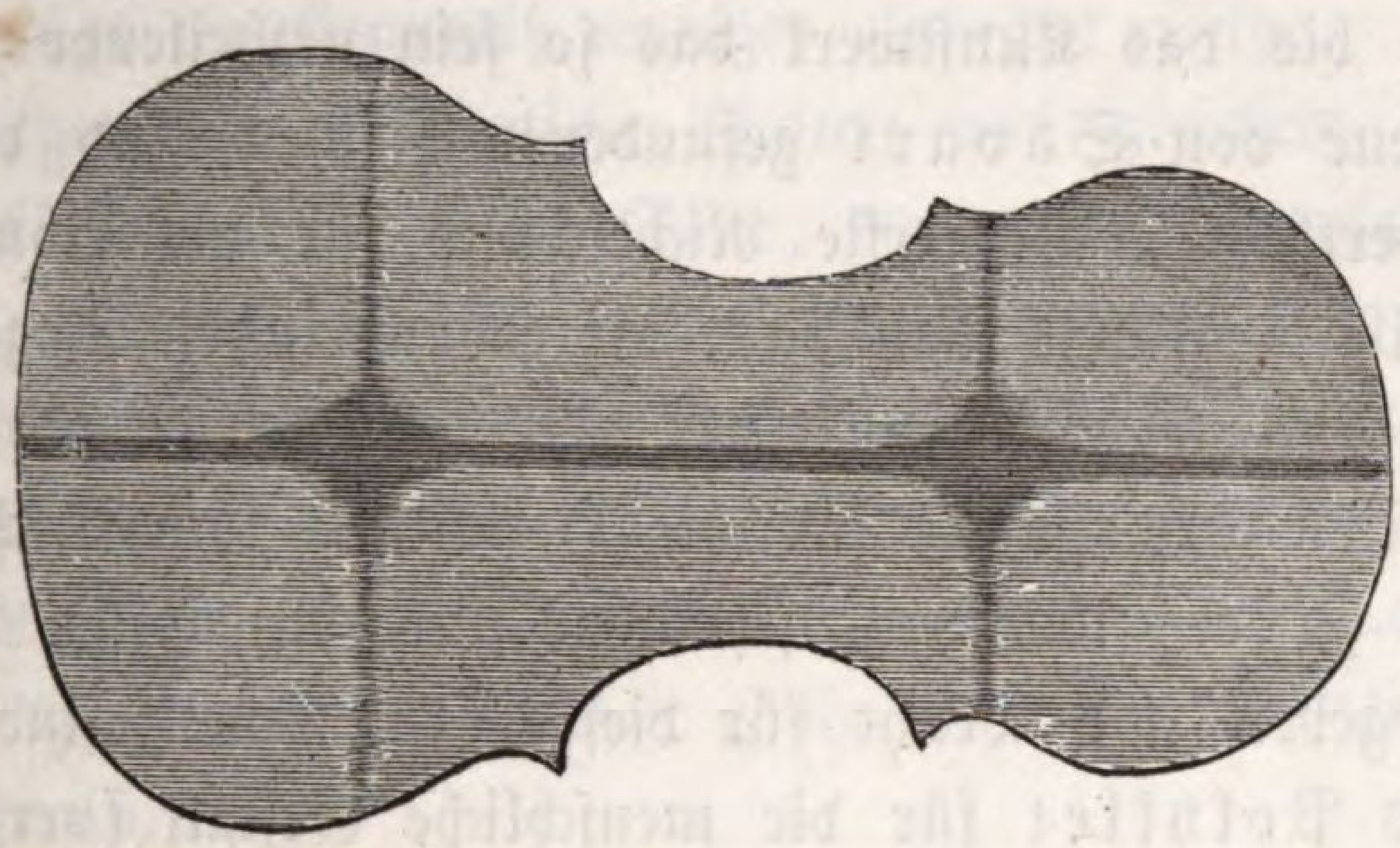
Luft, wenn sie mittelst eines cylindrischen, vorn zur feinen Spalte breitgeschlagenen Metallrohrs angeblasen wird, stimmt auf die gleiche Tonhöhe. Man kann durch Dünnerschaben Einer Holzplatte deren Ton tiefer machen, allein gleichzeitig ändert sich dann auch die Tonhöhe der andern, sowie der eingeschlossenen Luft, um gleichviel. Das Verschließen einer der f-förmigen Oeffnungen macht den Ton der Luftmasse tiefer, ähnlich wie man dieß bei einer offenen Orgelpfeife durch theilweises Decken ihrer Mündung bewirkt. Aber der Ton der einzeln angestrichenen Breter geht dann gleichfalls herab und die nämliche Wirkung beobachtet man an den Schwingungen der Luft und der Platten, wenn man den Stimmstock verkürzt oder ganz herausnimmt. Offenbar vermögen sich in den einzelnen Theilen des Violinkörpers nur solche Schwingungen zu erhalten, welche das ganze System im Einklang zu vollenden fähig ist. Nicht nur an besonders construirten Kästen der mannichfaltigsten Form, sondern auch an vorzüglichen Instrumenten von Stradivario und Guarnerio haben sich diese Beobachtungen bewährt.

Wenn nun auch durch den aus Steg, Stimmstock und Balken so sinnreich zusammengesetzten Mechanismus der Resonanzapparat möglichst vollständig in den Dienst der Saiten gezogen wird und seine Bestandtheile ihre Schwingungen untereinander ausgleichen, so ist es darum keineswegs gleichgültig, in welcher Größe dieser Apparat ausgeführt wird, vielmehr ist die Schönheit und Fülle des Tones an ganz bestimmte Verhältnisse geknüpft. Macht man in einem rechteckigen Kasten, über welchen man Saiten ganz nach dem System der Violine gespannt hat, den Boden wie den Kolben einer Pumpe verschiebbar, so daß man größere oder kleinere Luftmassen zur Resonanz verwenden kann, so ist es unverkennbar, daß nur bei einer gewissen Abmessung des Luftraumes die höheren wie die tieferen Töne ihren reinsten und vollsten Klang geben.

Savart war durch die Liberalität eines Pariser Instrumentenmachers (Willaume) in den Stand gesetzt, eine größere Anzahl von Violinen aus Meisterhänden, sowohl im Ganzen, als in ihren Bestandtheilen, einer sorgfältigen akustischen Analyse zu unterwerfen. Die Luftmasse, welche in den Instrumenten von Stradivario eingeschlossen ist, gab, auf die früher angegebene Weise

an einem der F=löcher angeblasen, stets den Ton von 256 Schwingungen, also c_1 nach der Orchesterstimmung, bei welcher jene Instrumente gebraucht wurden. Die Resonanzplatte von Fichtenholz, so mit dem Bogen angestrichen, daß aufgestreuter Sand eine Knotenlinie in Richtung der Länge und zwei in Richtung der Breite bildete, etwa wie in der folgenden Figur,

Fig. 12.



gab einen Ton zwischen cis_1 und d_1, der Boden von Ahornholz unter den gleichen Umständen einen Ton zwischen d_1 und dis_1, so daß beide um eine ganze Tonstufe auseinanderlagen. Von nicht geringem Einfluß ist dabei die Beschaffenheit, namentlich die Länge des Stimmstocks. Ist er zu kurz, so geht die Tonhöhe der Luftmasse und der Platten des Resonanzkastens herab, die Töne der tieferen Saiten verstärken sich auf Kosten der höheren. Das Umgekehrte findet dann statt, wenn der Stimmstock zu lang ist und einen zu starken Druck gegen Boden und Decke ausübt.

Die Beständigkeit, mit welcher jene Verhältnisse bei den Instrumenten des genannten Meisters sich wiederholen, ist ein Beweis für die Sorgfalt, welche in jener klassischen Zeit des Violinenbaues angewendet wurde. Nach der von uns angenommenen Normalstimmung müßte, wenn jene Verhältnisse eingehalten werden sollten, das Luftvolum einen Ton von 262, die Decke zwischen 277 und 294, der Boden zwischen 294 und 311 Schwingungen geben. Man muß übrigens annehmen, daß man hierdurch allein noch nicht nothwendig zu einem guten Instrumente gelangt; wir haben wenigstens auch bei sehr mangelhaften Violinen jene Zahlenverhältnisse fast genau wiedergefunden, sie bieten sich bei den einmal angenommenen

Dimensionen fast von selbst. Es ist kein Zweifel, daß die Meister, welche so vortreffliche Instrumente bauten, dieselben wiederholt auseinandernahmen und wieder zusammensetzten, ähnlich wie der Optiker unter vielen mit aller geometrischen Sorgfalt geschliffenen Linsen diejenigen zusammensucht, welche die vollkommensten Bilder geben; daß sie unablässig an der Verbesserung eines Instrumentes arbeiteten, wie der Maler an seinem Bilde, der Bildhauer an seiner Sculptur, bis das Kunstwerk das so fein urtheilende Ohr befriedigte. Jene von Savart gefundenen Zahlen sind darum nicht weniger werthvoll, als erste Richtschnur für die Abmessung der Bestandtheile. Nimmt man dazu die geometrischen Regeln, welche Antonio Bagatella in seiner 1782 von der Academie zu Padua gekrönten Preisschrift für die Herleitung sämmtlicher Dimensionen bis zu den kleinsten, scheinbar unbedeutendsten Theilen der Violine gegeben und welche für dieses Instrument sind, was der Kanon des Polyklet für die menschliche Gestalt (vergl. hierüber den Anhang 2), so ist die Erwartung gerechtfertigt, daß man auch heutzutage Violinen bauen könne, welche den Amati, Guarneri und Stradivari völlig gleich stehen, vorausgesetzt, daß der Künstler sein Werk mit gleicher Beharrlichkeit und Liebe pflege und zu Ende führe.

Alle Eigenthümlichkeiten des Baues wiederholen sich im Wesentlichen bei den drei anderen Instrumenten, der Viola, dem Violoncelle und dem Contrebaß, welche mit der Violine zusammen die Aristokratie des Orchesters, das sogenannte Streichquartett, bilden. Die Größenverhältnisse dieser Instrumente sind aber offenbar weit mehr nach der Bequemlichkeit des Gebrauchs, als nach akustischen Principien bemessen. Wenn man von der Ansicht ausgeht, daß bei der Violine die vortheilhaftesten Verhältnisse getroffen sind, so zeigt eine einfache Vergleichung, daß die Resonanzapparate der Viola und des Contrebasses viel zu klein sind und auch der des Violoncelle's nicht ganz die entsprechende Größe hat. Nach Antonio Bagatella's Vorschrift werden Violine und Viola vollkommen geometrisch ähnlich gebaut, so daß an allen, auch den kleinsten Theilen der Viola, Länge, Breite und Dicke in gleichem Verhältnisse gegen die Violine vergrößert erscheinen. Die Aus-

führung dieser Regel gestaltet sich sehr einfach, wenn man mit Bagatella die längste Dimension des Kastens in 72 gleiche Theile eintheilt und in den Theilen dieses Moduls alle Maße der Länge, Breite und Höhe, sowie der Holzstärken ausdrückt und bemißt.

Um die akustische Wirkung einer solchen Uebertragung eines Instrumentes in einen größeren oder kleineren Maßstab zu beurtheilen, genügt die Kenntniß weniger einfacher Sätze.

Zwei geometrisch ähnliche Saiten aus gleichem Stoffe und gleich stark gespannt, geben Töne, deren Schwingungszahlen sich umgekehrt, wie die Quadrate der Länge verhalten. Vervierfacht man die Länge einer Saite, so sinkt die Tonhöhe um zwei Octaven. Wählt man aber, um die ähnliche Form herzustellen, statt ihrer eine andere Saite von vierfacher Dicke, so geht der Ton abermals um zwei, gegen die anfängliche Höhe also im Ganzen um vier Octaven herab.

Da Saiten, deren Dicke in gleichem Verhältnisse mit ihrer Länge zunimmt, immer weniger biegsam werden, so ist es zweckmäßig, sie unter größerer Spannung zu gebrauchen. Gesetzt nun, auch diese vergrößern sich mit Länge und Dicke in gleichem Verhältnisse, so wird die Beziehung zwischen Länge und Schwingungszahl der Saiten etwas verwickelter. Die Quadrate der Schwingungszahlen verhalten sich dann umgekehrt wie die dritten Potenzen der Längen. Angenommen, man vergrößere Länge, Dicke und Spannung einer Saite auf das Vierfache, so sinkt die Schwingungszahl auf ein Achtel der anfänglichen Größe, also der Ton um drei Octaven herab. — Die Tonlage der Viola ist eine Quinte tiefer, als die der Violine, das Violoncelle steht Eine, der Contrebaß nahe zwei Octaven tiefer, als die Viola. Berechnet man hiernach und ausgehend von dem zweiten der obigen Gesetze aus der S. 7 angegebenen Saitenlänge der Violine diejenigen der drei anderen Streichinstrumente, so findet man 15″ 10‴ für die Viola, 25″ 6‴ für das Violoncelle und sehr nahe 40″ für den Contrebaß. Wie man sieht, weicht nur die Viola merklich von den so gefundenen Verhältnissen ab. Bei ihr sind die Mensuren, offenbar des Fingersatzes wegen, bedeutend verkürzt, und die Tiefe ist, da auch die

Spannungen nahezu die nämlichen sind, wie bei der Violine, fast allein durch das größere Gewicht der Saiten herausgebracht. Ob hierin der Grund des weniger hellen und glänzenden Tones der Viola, oder ob er in den mangelhaften Resonanzverhältnissen, zu deren Betrachtung wir uns jetzt wenden, gelegen ist, bedarf noch näherer Untersuchung.

Die Schwingungsverhältnisse ungleich großer, aber ähnlich geformter Luftmassen, sowie diejenigen geometrisch ähnlich gebildeter Platten, unterliegen dem nämlichen einfachen Gesetze. Es verhalten sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie irgend zwei entsprechende Dimensionen. Ist man nur der ähnlichen Form versichert, — und wenn wir die Regeln Bagatella's zu Grunde legen, ist dieß offenbar der Fall, — so genügt eine Messung der Länge oder der Breite der Resonanzkästen an entsprechenden Stellen, um sofort auf das Verhältniß der Schwingungszahlen dieser Resonanzapparate zu schließen.

Die Länge des Kastens der Violine ist 13 Par. Zolle, der Viola 14 Zolle 5 Linien. Genau im umgekehrten Verhältnisse stehen die Schwingungszahlen 470 und 241, welche durch Anblasen der Lufträume jener beiden Instrumente gefunden wurden. Die Resonanzräume des Violoncelle's und des Contrebasses würden für die Behandlung des Spielers unbequem, wenn auch sie der Violine vollkommen ähnlich gebaut würden. Dieß ist aber auch zur Erlangung einer guten Resonanz keineswegs erforderlich, vielmehr kann man die nämlichen akustischen Resultate erreichen, wenn man an der Höhe des Zargen zusetzt, was durch Verkürzung des Kastens verloren ging. Um dann auch Boden und Decke mit dem Luftraum in Einklang zu setzen, genügt es, die Holzstärke in der Mitte verhältnißmäßig zu vermehren, während man sie gegen die Zargen hin ungeändert läßt. Es wird hierdurch ihr Gewicht vermehrt, ohne daß die elastische Rückwirkung in gleichem Maße zunimmt; der Ton wird mithin tiefer, trotz der verkleinerten Fläche. Indem Bagatella die größte Länge der Resonanzräume aller vier Streichinstrumente in 72 Theile eintheilt, schreibt er vor, 6 1/8 solcher Theile für die Zargenhöhe der Violine und Viola, dagegen 11 5/8 Theile für die Zargenhöhe des Violoncelle's und Contrebasses

zu nehmen. Die Holzstärke von Decke und Boden läßt er von der Mitte der Brust oder des Rückens bis zu den Zargen bei den beiden ersten Instrumenten von 1/2 auf 1/4 Theil, bei den beiden letztern von 2/3 auf 1/4 Theil abnehmen.

Es sind daher von den Streichinstrumenten nur die Violine und Viola im strengsten Sinne des Wortes ähnlich gebaut und es können daher von den Längen der Resonanzräume

Violine	Viola	Violoncelle	Contrebaß
13''	14''5'''	27''6''',2	39''8''',5

nur die beiden ersten zur akustischen Vergleichung auf dem Grund der oben mitgetheilten Gesetze dienen. Danach stimmt der Resonanzapparat der Viola nur um Eine Tonstufe tiefer, als derjenige der Violine, und doch sollte er der Tonlage nach, welche für die Resonanzräume die Längen

13''	19''6'''	39''	78''

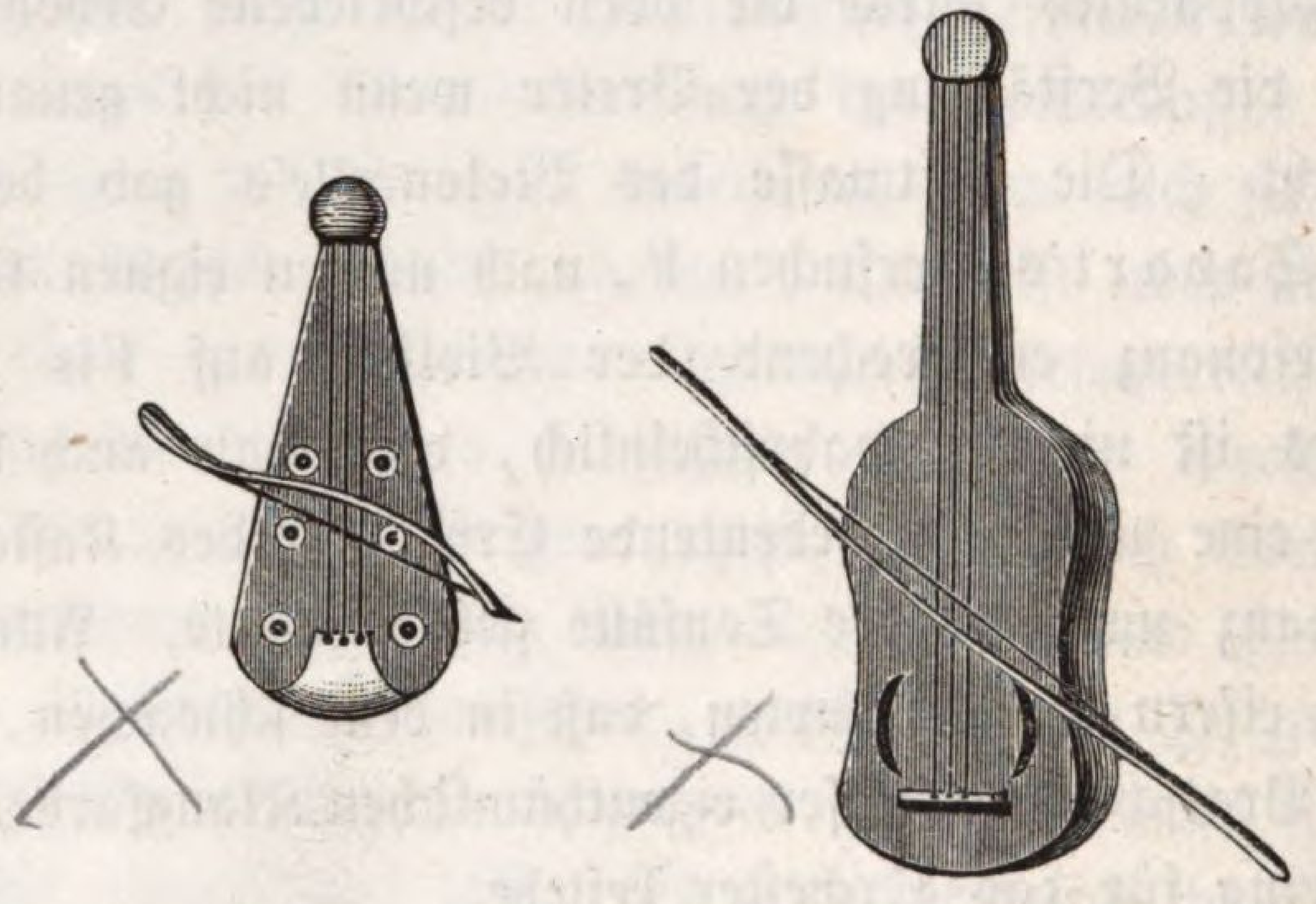
verlangt, eine Quinte tiefer stimmen. Man sieht, daß bei dem Violoncelle die gebräuchliche Länge nur etwa 2/3 der theoretischen, bei dem Contrebaß sogar nur die Hälfte derselben beträgt. Allein die Künstler haben bei diesen Instrumenten die gehörige Stimmung des Resonanzapparates durch die oben beschriebene Erhöhung des Kastens und die Verstärkung der Breter wenn nicht genau, doch nahezu erreicht. Die Luftmasse des Violoncelle's gab beim Anblasen nach Savart's Versuchen F, nach unsern eignen G, während die Resonanz entsprechend der Violine auf Fis stimmen müßte. — Es ist nicht unwahrscheinlich, daß man auch dem der Viola durch eine nicht allzubedeutende Erhöhung des Kastens eine bessere Resonanz und größere Tonfülle geben könnte. Allein man wird dagegen eifern und behaupten, daß in dem schwachen, näselnden Ton der Bratschen, in dieser eigenthümlichen Klangfarbe, gerade ihr Hauptvorzug für das Orchester bestehe.

Bei den orientalischen Völkern, welche unter der Herrschaft des Islam stehen oder an die muhamedanischen Länder angrenzen, findet man Bogeninstrumente in den mannichfaltigsten Formen, wiewohl sämmtlich von unvollkommenerer Art, als die unsrigen. Die Griechen und Römer kannten diese Instrumente nicht und sie werden im Abendlande vor dem Eindringen der Araber in Europa

nicht angetroffen. Es ist uns nicht gelungen, aus einer früheren Zeit, als dem 11. Jahrhundert, wo bekanntlich die Berührungen Südeuropa's mit dem Orient häufiger geworden waren, unverwerfliche Zeugnisse für den Gebrauch jener Instrumente zu finden, und auch später, im 11., 12., 13. und 14. Jahrhundert, ist es ausschließlich ein dreisaitiges, noch höchst unvollkommenes Bogeninstrument, welches von herumziehenden Musikern gespielt wird. In Frankreich führte dasselbe den Namen Rebec, offenbar entstanden aus der Benennung eines ähnlichen Instrumentes, welches von der Nordküste Afrika's bis nach Indien hin noch heutzutage unter den Namen Rebeb, Erbeb und Repab bei den muhamedanischen Völkern angetroffen wird.

Die Kirche des heiligen Michael in Pavia, welche in ihrem ältesten Theile aus dem 6. Jahrhundert stammt *), trägt Reliefs aus dem 11. Jahrhundert, auf welchen ein Musiker mit einem Bogeninstrumente dargestellt ist. Die erste der beiden folgenden Abbildungen ist der Pergamentmalerei eines Manuscripts des 11. Jahrhunderts entnommen, welches die Psalmen Davids enthält. **)

Fig. 13.



Die zweite Abbildung stellt das Rebec dar, wie es in Vignetten von Pariser Handschriften ***) und auf Glasmale-

*) Valery, voyage en Italie, I, 213.

**) Hefner, die Trachten des christlichen Mittelalters, erste Abtheilung, Tafel 83. Manuscript der Leipziger Bibliothek.

***) Essai sur la musique ancienne et moderne (par de Laborde) I, 305.

reien *) des 13. Jahrhunderts zu finden ist. Auf allen ähnlichen Abbildungen aus dem 10. Jahrhundert fehlt das Bogeninstrument. Die Namen Fiedel, viddel und videller, welche sich in den ältesten Denkmalen deutscher Poesie finden und erst später dem für edler geltenden Worte Geige (romanischen Ursprungs; gigue, guigua, bedeutet Schenkel) wichen **), beziehen sich offenbar nicht auf ein Streichinstrument. In der um's Jahr 860 von Otfried verfaßten Evangelienharmonie schildert der Dichter die musikalischen Herrlichkeiten des Himmels mit folgenden Worten:

sih thas ouh al ruarit, thaz organa fuarit
lira, ioh fidula, ioh managfaltu suegala.
Da rührt sich auch Alles, was Instrumente führet
Leyer und Fiedel und mannichfaltige Pfeifen.

Der Name Fiedel rührt her von fidicula, welches Cicero als ein römisches Saiteninstrument aufführt. Es wurde mit einem Stäbchen, dem Plectrum geschlagen, wie man aus vielen Abbildungen aus dem 10. Jahrhundert ersehen kann***). Noch heutzutage wird der Name Strohfiedel für ein Instrument gebraucht, welches nicht gestrichen, sondern mit Hämmern geschlagen wird. Dagegen heißt es von Volker, dem Fiedler, im Niebelungenlied ausdrücklich, daß er den Bogen geführt. Die Braunschweiger gemalte Chronik vom Jahr 1203 giebt folgende Erzählung: „In dussem Jare geschah ein Wundertecken by Stendal in dem Dorppe gehrten Ossemer, dar sat de Perner des Mitweckens in den Pingxsten und veddelte synen Buren to dem Danse; Da quam ein Donreschlag und schloch dem Perner synen Arm aff mit dem Veddelbogen unde XXIV Lüde tod up dem Tyn."

---

*) De Viel Castel, costumes pour servir à l'histoire de France, Paris 1827. Insbesondere die Glasmalereien der Abtei von Royaumont.

**) Das Wort „Geige" tritt erst ums Jahr 1200 im Mittelhochdeutschen auf. Selbst Luther hat in den ersten Fragmenten seiner Bibelübersetzung: „Sie gingen ihm (Salomo) entgegen mit Freuden, mit Pauken und mit Viddeln", in der vollständigen Ausgabe aber anstatt der letzten Worte „und mit Geigen."

***) Hefner, die Trachten des christlichen Mittelalters. Erste Abtheilung, Tafel 53 und 74.

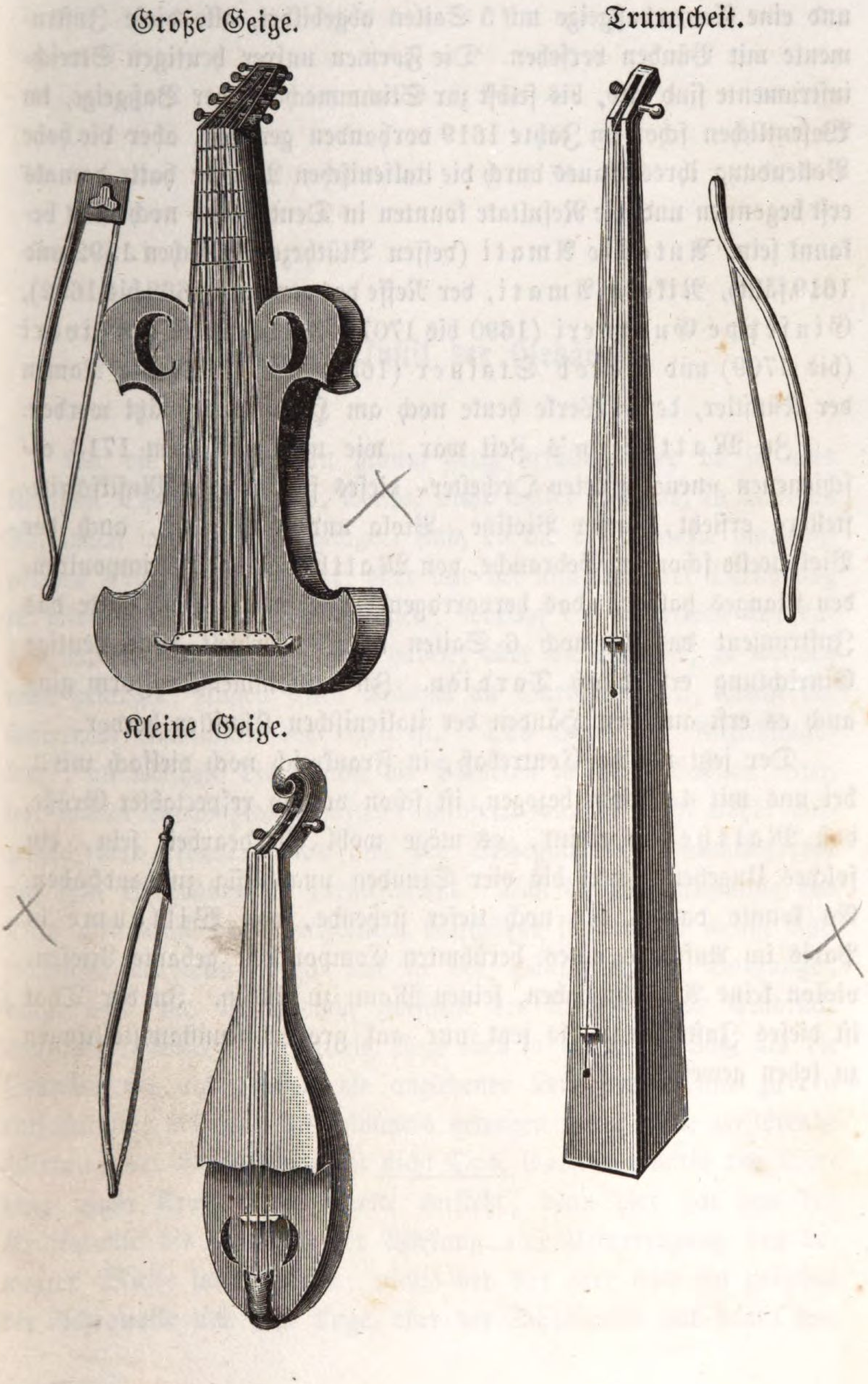
Denjenigen, welche sich für die Geschichte des Instrumentenbaues interessiren, kann es nur willkommen sein, daß wir einige mit Abbildungen musikalischer Instrumente versehene Werke aus der Zeit vor der klassischen Periode der Streichinstrumente besitzen. Sebastian Wirdung kannte, zufolge seiner 1511 zu Basel erschienenen „Musica“, die folgenden Bogeninstrumente, welche von Martin Agricola in seiner 1545 herausgegebenen „Musica instrumentalis“ fast unverändert wieder aufgeführt werden.

Das erste dieser Instrumente, Fig. 14, heißt die „große Geigen“ und hat 9 Saiten, außerdem Bünde, welche den Fingersatz anzeigen, wie heutzutage die Guitarre und verwandte lautenartige Instrumente. In der That scheint jenes Instrument seinem ganzen Aeußern nach von den Lauten abzustammen. Da kein Steg vorhanden ist, sieht man schwer ein, wie es mit dem Bogen gespielt werden konnte. Agricola bildet es in vier Größen, für Discant, Alt, Tenor und Baß ab, übrigens nur mit 4 Saiten. — Das zweite Bogeninstrument führt den Namen „klein Geigen“ und ist offenbar mit seinen 3 Saiten und dem Steg ächter Abstammung von dem Rebec, zugleich der eigentliche Stammvater der Violinen. Es hat wie diese keine Bünde, weßhalb Wirdung bemerkt: „Die art saiten spill synd nit so eygentlich zu reguliern und zu beschryben. Daruf zu lernen muß vil mere durch den verstand des gesangs zu gan, dann man das durch Regeln beschryben mag; darumb ich sye auch für onnütze instrumenta achte, die cleynen geigen und das Trumscheit.“ Letzteres scheint aus dem Monochord hervorgegangen zu sein, bei Prätorius in seinem 1619 herausgegebenen „Syntagma musicum“ hat es 4 Saiten.

In der letzten Hälfte des 16. Jahrhunderts hatte sich aber das Geschlecht der Bogeninstrumente, namentlich in Italien, sehr fruchtbar erwiesen, und die beiden Familien der Armgeigen, Viola di braccio, wovon der bei uns noch gebräuchliche Name „Bratsche“ stammt, und der Kniegeigen, Viola di gamba, zählten viele Glieder. Von den ersteren bildet Prätorius die kleine Viole de poche mit 3 Saiten ab, ferner Discant- und Tenorgeigen mit 4 Saiten, welche schon ganz die heute übliche Form haben, endlich eine Baßgeige di braccio, deren Handhabung jedoch schwer zu begreifen ist.

Fig. 14.

Streichinstrumente aus dem 15. Jahrhundert.



Aus der Familie der Kniegeigen findet man eine eigentliche Viola gamba, eine Viola bastarda, einen Gambenbaß, sämmtlich mit 6 Saiten und eine Contrebaßgeige mit 5 Saiten abgebildet, alle diese Instrumente mit Bünden versehen. Die Formen unsrer heutigen Streichinstrumente sind also, bis selbst zur Stimmmechanik der Baßgeige, im Wesentlichen schon im Jahre 1619 vorhanden gewesen, aber die hohe Vollendung ihres Baues durch die italienischen Meister hatte damals erst begonnen und die Resultate konnten in Deutschland noch nicht bekannt sein. Antonio Amati (dessen Blüthezeit zwischen 1592 und 1619 fällt), Nikolo Amati, der Neffe des vorigen (1662 bis 1692), Giuseppe Guarneri (1690 bis 1707), Antonio Stradivari (bis 1709) und Jacob Stainer (1650—1670) sind die Namen der Künstler, deren Werke heute noch am Höchsten geschätzt werden.

Zu Mattheson's Zeit war, wie man aus dem 1713 erschienenen „neueröffneten Orchester" dieses fruchtbaren Musikschriftstellers ersieht, außer Violine, Viola und Contrebaß, auch der Violoncelle schon im Gebrauche, von Mattheson, seines imponirenden Klanges halber, „das hervorragende" genannt. Doch hatte das Instrument damals noch 6 Saiten und es erhielt seine heutige Einrichtung erst durch Tardieu. In vollkommenster Form ging auch es erst aus den Händen der italienischen Künstler hervor.

Der jetzt übliche Contrebaß, in Frankreich noch vielfach mit 3, bei uns mit 4 Saiten bezogen, ist schon von so respectabler Größe, daß Mattheson meint, es möge wohl Pferdearbeit sein, ein solches Ungeheuer drei bis vier Stunden unabläſſig zu handhaben. Es konnte darum der noch tiefer stehende, von Willaume in Paris im Auftrage eines berühmten Componisten gebaute Riesenviolon keine Aussicht haben, seinen Mann zu finden. In der That ist dieses Instrument bis jetzt nur auf großen Kunstausstellungen zu sehen gewesen.

3. Die Akustik der Gebäude.

Ob die Materie den Raum stetig erfülle, oder ob sie aus kleinsten Theilchen bestehe, welche, nicht weiter theilbar, in gewissen Abständen von einander gelagert sind, ob die der Materie innewohnenden Kräfte in die Ferne, oder nur bei unmittelbarer Berührung zu wirken vermögen, sind Fragen, worauf die inductiven Wissenschaften eine Antwort gegeben haben; aber die Schlüsse, zu welchen man gelangte, tragen jenen Mangel an Durchsichtigkeit, welche der indirecten Beweismethode eigen ist. Das Band der Anziehungskraft, an welchem die Sonne die Planeten in ihren Bahnen leitet, hat immer etwas Zauberhaftes, insofern man es nicht näher aufzeigen kann, sondern nur aus der Bewegung der Himmelskörper auf sein Vorhandensein zurückschließt. Daß die Wahrnehmung von Blitz und Knall eines entfernten Geschützes für uns so wenig Auffallendes darbietet, liegt nur in der Häufigkeit des Vorgangs; denn was die Verbindung zwischen der Quelle jener Eindrücke und unsern Sinnen vermittelt, liegt eben so wenig zu Tag, als die Schwingen, auf welchen die anziehende Kraft der Sonne zu den entferntesten Räumen des Himmels getragen wird. Die zerstörende Wirkung der Geschützkugel ist nicht Das, was man unter der Wirkung einer Kraft in die Ferne versteht, denn hier hat von der Kraftquelle bis zum Ort der Wirkung eine Uebertragung von bewegter Masse stattgefunden; nichts der Art aber tritt ein zwischen der Lichtquelle und dem Auge, oder der Schallquelle und dem Ohre.

Es ist wahr, man kann zwischen dem tönenden Körper und dem Gehörorgane nirgends die Kette materieller Körper unterbrechen, ohne daß der Schall erstirbt. Das größte Getöse auf dem Monde vermöchte nicht herab zur Erde zu dringen, weil die Atmosphäre eine Grenze hat, und um die Strahlen der Gestirne uns zuzuführen, muß den ganzen Himmelsraum eine feine, höchst elastische Flüssigkeit erfüllen. Aber auch bei diesen Vorgängen finden unzählige Wirkungen in die Ferne statt. Die Abstoßung zwischen den kleinen Theilchen der elastischen Körper, welche den Schall fortpflanzen, oder zwischen den Theilchen des Lichtäthers, mögen diese Abstände noch vielmal kleiner sein, als der millionte Theil einer Haaresbreite, ist eine Wirkung in die Ferne, so gut wie die Anziehung der Sonne, welche den Neptun in einem Abstand von 800 Millionen Meilen festhält.

Ein Stein, welcher auf einen ruhenden Wasserspiegel herabfällt, treibt um sich einen Wall in die Höhe. Indem die gehobene Wassermasse wieder herabsinkt, bringt sie eine ringförmige Masse von größerem Umfang zum Steigen, und dieß stetig fortwirkende Spiel stellt sich als der Fortgang einer in immer weiteren Kreisen sich verbreitenden Welle dar. Je weiter der Ring geworden ist, desto geringer ist die Erhebung des Wassers in demselben, da sich die Wirkung der ursprünglichen Stoßkraft auf eine immer größere Wassermasse vertheilt. Wer die Hand in die Welle hält, wird in der Nähe des Stoßmittelpunktes eine stärkere Erschütterung verspüren, als in größerer Entfernung. Einen leichten Körper, welcher auf dem Wasser schwimmt, sehen wir auf- und abwärts gerissen, während die Welle durch seinen Ort geht; aber daß er nicht von der Welle mit fortgenommen wird, beweist, daß nicht das Wasser selbst, welches diese Welle bildet, sondern nur die ihm inwohnende Bewegung den Ort wechselt, und sich von Schichte zu Schichte weiter überträgt. Die Wellen, welche auf weiten Meeren der Windstoß erregt und durch lange nachwirkenden Druck mehr und mehr verstärkt, eilen in langen Zügen, nicht selten mit einer Geschwindigkeit von mehren geographischen Meilen in der Stunde voran. Der Schiffer sieht sich von diesen mächtigen Wellenzügen zwar zu schwindelnder Höhe gehoben und wieder in die Tiefe

gerissen, aber dann überholt und zurückgelassen, der nachfolgenden Welle zur Beute.

Solche Erfahrungen haben dazu beigetragen, die Fortpflanzung des Schalles begreiflich zu machen. Während es bei den Wasserwellen die Schwerkraft ist, welche die Schichten in pendelartiger Bewegung auf und nieder gehen macht, werden in der Luft, in dem Wasser, in der Erde, wenn sie den Schall fortpflanzen, durch die elastische Kraft ganz ähnliche Schwingungen unterhalten; Verdichtungen wechseln mit Verdünnungen von einer Wellenhälfte zur anderen, wie in den Wasserwellen Berg und Thal sich folgen. Und wie in diesen die Wassertheilchen nicht mit der Welle fortfließen, sondern nur kleine geschlossene Bahnen beschreiben, so erzittern die Theilchen der Luft oder der Felsmassen, wenn ein Schall sie durcheilt, in raschen Schwingungen.

Eine trockene Thierblase, zusammengedrückt und verschlossen, schwillt unter der Glocke der Luftpumpe in dem Maße auf, als man die Luft unter der Glocke wegnimmt; sie schwindet auf den früheren Umfang zusammen, sobald der innere Raum der Glocke mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt wird. Es ist unmöglich, die elastische Natur der Luft deutlicher zu erkennen, als aus diesem einfachen Versuche; die abstoßende Kraft der in der Blase eingeschlossenen Lufttheilchen wird nur durch die pressende Last der darüber gelagerten atmosphärischen Schichten in Schranken gehalten; dem Maße dieser Last entspricht die Dichte, welche die Luft trotz jener in ihrem Innern thätigen abstoßenden Kraft behauptet. Wo ein schwingender Körper beim Vorwärtsgehen die Dichte der Luft über jenes Maß erhöht, oder zurückweichend, einen luftverdünnten Raum zurückläßt, da eröffnet er den elastischen Kräften einen Spielraum und die Wirkung macht sich in einer nach allen Richtungen concentrisch sich verbreitenden Kugelwelle geltend, welche rasch dahin eilt.

Eine lange, nach der Trommel marschirende Truppencolonne stellt die Fortpflanzung des Schalles dem Auge dar; einem längs der Reihe fortlaufenden Arpeggio vergleichbar, heben sich die Füße in der Folge, wie der Taktschlag der Trommel von der Luft weiter getragen wird. Zu einer genauen Messung der Schallgeschwin-

digkeit in der Luft kann indessen diese Beobachtung nicht führen. Baco von Verulam's Vorschlag, zwischen der Wahrnehmung von Blitz und Knall eines in abgemessener Entfernung aufgestellten Geschützes die Pulsschläge zu zählen und diese dann in Zeit zu verwandeln, ist, in etwas verbesserter Form und mit vollkommneren Hülfsmitteln, im Verlauf des 17., 18. und 19. Jahrhunderts wiederholt zur Ausführung gekommen. Anfänglich wählte man die Entfernungen zu klein, so daß die unvermeidlichen Fehler in der Zeitbestimmung einen höchst nachtheiligen Einfluß auf das Resultat äußern mußten. Im Jahre 1738 wurde von Mitgliedern der französischen Academie zum erstenmale eine längere Standlinie von 3 bis 4 geographischen Meilen gewählt; sie fanden, daß der Schall bei der Frosttemperatur (0° C.) in einer Secunde einen Weg von 1025 Pariser Fuß zurücklegt. In den Beobachtungsregistern jener Unternehmung findet sich der Einfluß des Windes angezeigt, welcher die mit ihm gehende Schallwelle beschleunigt, die ihm entgegengehende um gleichviel verzögert; da das einzige Mittel, welches die Resultate von diesem Einfluß unabhängig machen kann, nämlich möglichst gleichzeitig an beiden Endpunkten Geschütze abzufeuern und den Mittelwerth aus solchen correspondirenden Beobachtungen zu nehmen, damals vernachlässigt worden war und die in verschiedenen Gegenden der Erde angestellten Messungen noch sehr schwankende Resultate ergeben hatten, veranlaßte das Bureau des Longitudes in Paris auf den Vorschlag von Laplace neue Versuche, welche zwischen Montlhéry und dem nicht ganz drei geographische Meilen davon entfernten Ville-juif angestellt wurden. Am ersten Orte beobachteten Bouvard, von Humboldt und Gay-Lussac, am letzteren Prony, Mathieu und Arago. Die Namen dieser Männer, welche der Tod seitdem bis auf Einen vom Schauplatze der Wissenschaft abgerufen hat, zeugen für den Werth, welchen man auf das Ergebniß dieser Beobachtungen legte, wie für die Sorgfalt, mit welcher alle Umstände erwogen waren, welche auf jenes Ergebniß von Einfluß sein konnten. In der Nacht des 21. Juni 1822 zwischen 10 und 12 Uhr wurden von 5 zu 5 Minuten abwechselnd Schüsse an beiden Stationen abgefeuert, und an Chronometern, welche noch den sechzigsten Theil einer Secunde angaben, die Zeit

gemessen. Der Beobachter setzte durch einen Druck des Fingers den Chronometer in Gang in dem Augenblick, als er den Lichtblitz gewahrte, und arretirte die Bewegung in dem Moment, in welchem der Schall zu seinem Ohre drang.

Der elastische Spannungszustand der Luft, welcher in der Quecksilbersäule des Barometers sein Maß findet, ist die Kraft, welche die Schallwelle treibt, das Gewicht der Luft stellt die zu bewegende Masse dar. Es ist demnach begreiflich, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles mit der Elasticität der Luft, sowie jedes andern Körpers, welchen er durchdringt, wachsen, daß sie mit der Dichte dieser Körper im umgekehrten Verhältnisse stehen muß. Denken wir uns Luft vollkommen trocken und von unveränderlicher Temperatur, so wächst ihre Dichte immer in gleichem Verhältniß mit dem Drucke, welcher auf ihr lastet und durch die Barometerhöhe gemessen wird. Darum ist auch die Schallgeschwindigkeit von dem Barometerstande unabhängig. Diese Folgerung der Theorie hat die beste Bestätigung erhalten durch die Beobachtungen, welche Myrbach und Stampfer im Jahre 1822 zwischen Untersberg und dem Mönchstein bei Salzburg und Martins und Bravais im Jahre 1844 zwischen dem Dorfe Tracht am Brienzer See und dem Gipfel des Faulhorns anstellten. Der Schall durchlief bei den ersten Beobachtungen eine um 8, bei den letzteren eine 12 Grade gegen den Horizont geneigte Linie, er hatte daher Luftschichten von sehr ungleicher Spannung und Dichte zu durchdringen; demungeachtet unterscheiden sich die gefundenen Geschwindigkeiten von 1025 und 1023 Fuß nicht wesentlich von derjenigen, welche man in horizontalem Terrain erhalten hatte.

Zwei Umstände vermögen bei gleich bleibender Spannung der Luft ihre Dichte zu vermindern, die Erhöhung der Temperatur und die Durchdringung derselben mit Wassergas, welches bei gleicher Elasticität nur $^5/_8$ von der Dichte der Luft hat. Bei den Beobachtungen von Ville-juif und Montlhéry wurden daher mit Recht das Thermometer, sowie die Spannung des in der Luft enthaltenen Wassergases gemessen; und wenn man Resultate verschiedener Beobachtungen vergleichen will, berechnet man immer die Schallgeschwindigkeit für den Fall ganz trockener Luft und für die Temperatur

des Eispunktes. Für jeden Grad der hunderttheiligen Scale, welchen die Luft wärmer ist, hat man der Schallgeschwindigkeit sehr nahe 2 Pariser Fuße (genauer 1,926 P. F.) zuzusetzen.

Die Beobachtungen der französischen Gelehrten vom Jahre 1822, welche mit so vieler Vorsicht angestellt wurden und eine Geschwindigkeit von 1019 Par. Fuß ergaben, würden unbedingtes Zutrauen verdienen, wenn nicht ein Zwischenraum von 5 Minuten schon zu groß wäre, um die in dieser Zeit sich folgenden Schüsse als wirklich correspondirende betrachten zu dürfen. Vollständiger wurde diese Bedingung, neben der Berücksichtigung aller übrigen einflußreichen Umstände, in den ausgezeichneten Beobachtungen erfüllt, welche Moll und van Beek im Jahre 1823 auf der Haide von Utrecht anstellten. Wir nehmen daher die von diesen Forschern gefundene Geschwindigkeit von 1022,7 Pariser Fuß als die der Wahrheit am Nächsten kommende an.

Die französischen Physiker erreichten übrigens den Zweck, welchen Laplace bei seinem Vorschlag beabsichtigte, vollkommen. Aus allgemeinen Grundsätzen der Bewegungslehre hatte Newton auf rein theoretischem Wege die Schallgeschwindigkeit in der Luft zu 862 Fuß berechnet, also nur zu etwa $^5/_6$ des wahren Werthes, und dieser erhebliche Unterschied zwischen Theorie und Beobachtung blieb ein länger als hundert Jahre ungelöstes Räthsel, bis Laplace darauf aufmerksam machte, daß in der verdichteten Wellenhälfte durch die plötzliche Zusammendrückung der Luft Wärme entbunden und somit die Spannung erhöht, in der verdünnten Wellenhälfte dagegen in gleichem Maße Wärme verschluckt, die Spannung daher unter das Maß vermindert werde, welches durch die Verdünnung allein gegeben sei. Da aber die Triebkraft für die Fortpflanzung des Schalles in dem Unterschied der elastischen Spannung benachbarter Luftschichten gegeben ist, so erklärt sich, warum die Nichtbeachtung jenes Umstandes auf eine zu kleine Schallgeschwindigkeit führen mußte. Nachdem Laplace aus den directen Versuchen anderer Forscher die Temperaturerhöhung kennen gelernt hatte, welche bei der Zusammendrückung der Luft eintritt, gab ihm die verbesserte Theorie eine Schallgeschwindigkeit von 1025 Par. Fuß; um dieses Ergebniß durch genaue Beobachtungen zu prüfen, wurden

die oben mitgetheilten Messungen angestellt und der Unterschied von 6 Fußen, welcher noch übrig blieb, war klein genug, um ihn auf Rechnung von Beobachtungsfehlern setzen zu können.

Einmal von der Richtigkeit der Theorie überzeugt, konnte man die Schallgeschwindigkeit zu einer genaueren Bestimmung der bei Zusammendrückung der Luft entbundenen Wärme benutzen; und daß Dulong in der That diese Aufgabe für eine Reihe einfacher und zusammengesetzter Luftarten zu lösen vermochte, bleibt für alle Zeiten eines der anziehendsten Beispiele, wie scheinbar einander völlig fremde Naturerscheinungen sich gegenseitig bedingen und erklären können.

Dulong blies die nämliche Pfeife nacheinander mit den verschiedenen Gasarten an, und das Verhältniß zwischen den Schwingungszahlen der verschiedenen Töne, welche die Flötenpfeife unter diesen Umständen gab, war auch dasjenige der Schallgeschwindigkeiten. Die Vergleichung der so gemessenen Geschwindigkeiten mit den nach der Newton'schen Formel berechneten führte zur Kenntniß der bei der Verdichtung entwickelten und bei der Verdünnung gebundenen Wärme. Diese Wärmewirkung ist übrigens in den verschiedenen Gasarten nicht so ungleich, daß nicht im Allgemeinen der Schall in derjenigen Luftart schneller sich fortbewegen sollte, welche bei gleicher elastischer Pressung die geringere Dichte hat. Im Wasserstoffgas, welches beinahe 15mal dünner ist, als die atmosphärische Luft, legt der Schall in einer Secunde einen Weg von 3906 Fuß zurück, seine Geschwindigkeit in dem kohlensauren Gase, welches mehr als anderthalbmal so schwer ist, als die Luft, beträgt nur 862 Fuß.

Große Aehnlichkeit mit den eben beschriebenen Messungen Dulong's hat das Verfahren eines deutschen Physikers, Chladni's, die Geschwindigkeit des Schalles in starren Substanzen zu finden. Er brachte Stäbe aus diesen Körpern von 2 Fuß Länge, durch Reiben der Länge nach, zum Tönen und bestimmte ihre Tonhöhe. Da bei jeder Schwingung die Schallwelle die Länge des Stabes zweimal durcheilt, so findet man die Schallgeschwindigkeit, wenn man die doppelte Stablänge mit der Anzahl der Tonschwingungen in Einer Secunde vervielfacht. Stahl, Glas und Tannenholz leiten

den Schall am Schnellsten, mit etwa 14 bis 15mal größerer Geschwindigkeit, als die Luft. In trockenen Sehnen und im Blei geht der Schall so schnell, als in Wasserstoffgas, also etwa 3,8 mal rascher, als in atmosphärischer Luft. Da man bei den starren Körpern Elasticität und Dichte messen und daraus die Schallgeschwindigkeit auf theoretischem Wege ableiten kann, so bietet sich in der Vergleichung mit der unmittelbar gemessenen Schallgeschwindigkeit auch hier eine erwünschte Bestätigung der Theorie. Bei dem Eisen findet man auf beiden Wegen eine etwa 14mal größere Schallgeschwindigkeit, als in der Luft. Ueberraschend ist es, daß die directesten Messungen über die Fortleitung des Schalles im Eisen, wie sie Biot an einer eisernen Röhrenleitung in Paris, Wertheim an dem eisernen Draht der Versailler Telegraphenlinie anstellten, übereinstimmend nur eine etwa 10,5 mal größere Geschwindigkeit, als in der Luft, ergeben haben.

Wer während eines Gewitters badete, hat leicht die Erfahrung machen können, daß der Schall auch durch das Wasser fortgepflanzt wird. Wenig Orte möchten zu einer Messung der Schallgeschwindigkeit so geeignet sein, als das fast chemisch reine Wasser des Genfer See's zwischen den am Schweizer und Savoyer Ufer gegenüber liegenden Orten Rolle und Thonon. Dort, wo der See von gleichmäßiger Tiefe und von keiner Strömung durchzogen ist, bestimmten Colladon und Sturm im Jahre 1826 die Geschwindigkeit des Schalles in ganz ähnlicher Weise, wie dieß bei den Messungen in der Luft geschah. Wenn auf der einen Station gleichzeitig mit einem Pulversignal eine Glocke unter Wasser angeschlagen wurde, so fand man am anderen Endpunkt, daß bis zur Ankunft des Schalles 9,4 Secunden verflossen; er hatte in dieser Zeit im Wasser eine Entfernung von 41519 Fuß durchlaufen. Die Geschwindigkeit von 4418 Fuß, welche sich hieraus ergiebt, ist mehr als 4mal so groß, als in der Luft.

Die angeführten Beispiele sprechen deutlich dafür, daß die Geschwindigkeit des Schalles allein von dem Verhältniß der elastischen Kraft und der Dichte der Körper abhängig ist. In einem der schwersten Metalle, dem Blei, im Wasser und in der leichtesten Luftart, dem Wasserstoffgase, bewegt sich der Schall mit fast gleicher

Geschwindigkeit; etwa 4mal schneller ist seine Bewegung in dem leichten und elastischen Tannenholze.

Ein artiger Versuch Wheatstone's beweist, daß Schallwellen mit ungestörter Regelmäßigkeit durch einen dünnen Draht fortgeleitet werden können. Man befestigt an dem Resonanzboden eines Pianoforte's, welches im dritten Geschoß eines Hauses aufgestellt sein mag, einen Eisendraht und leitet denselben herab zum Erdgeschoß, wohin, wie wir annehmen, die Töne des Pianoforte's auf dem gewöhnlichen Wege nicht dringen. Sobald man aber das Ende des Leitungsdrahtes mit einer Tischplatte in Berührung bringt, vernimmt man deutlich die auf dem Pianoforte gespielte Melodie.

Die tägliche Wahrnehmung bei musikalischen Productionen lehrt uns, daß starke und schwache, hohe und tiefe Töne mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt werden, da außerdem das accuratest ausgeführte Musikstück in einiger Entfernung als ein gräuliches Tongewirre erscheinen müßte. Die äußerst kleinen Unterschiede, welche die Theorie noch anzeigt, bleiben gänzlich ohne Einfluß auf die Entfernungen, auf welche man musikalische Aufführungen zu hören gewohnt ist.

Wenn aber die Geschwindigkeit der Fortpflanzung für hohe und tiefe Töne gleich ist, muß ihre Wellenlänge eine verschiedene sein. Sie ist nichts anderes, als die Entfernung, auf welche die Bewegung während einer vollen Schwingung des tönenden Körpers sich fortpflanzt, also offenbar kleiner für hohe, als für tiefe Töne. Der tiefste, noch wahrnehmbare Ton von 8 Schwingungen in der Secunde wird in der Luft durch Wellen von $\frac{1024}{8} = 128$ Par. Fuß Länge, der höchste von 36500 Schwingungen durch Wellen von $\frac{1024 \,.\, 12 \,.\, 12}{36500} = 4$ Par. Linien fortgetragen. Dem Bereich der Musik gehören vorzugsweise die Töne zwischen 16 und 4096 Schwingungen an; die Länge ihrer Luftwellen liegt zwischen den Grenzen von 64 Fußen und 3 Zollen. Im Stahle oder im Tannenholze, in welchen der Schall sich 15mal schneller bewegt, als in

der Luft, fallen die Wellen der nämlichen Töne zwischen die Grenzen von 960 und 3¾ Fußen.

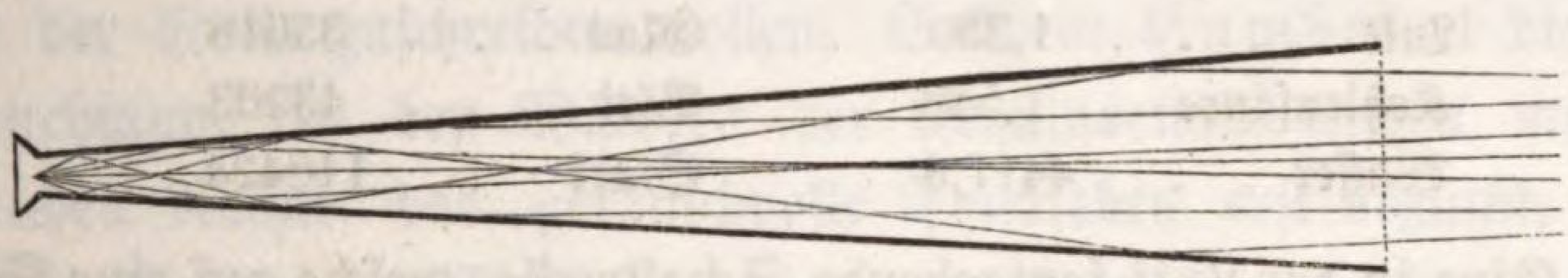
Eine Welle breitet sich vom Schallmittelpunkt, so lange sich ihr kein Hinderniß entgegenstellt, in Gestalt einer Kugelschale aus, deren Dicke unverändert bleibt, während ihr innerer Halbmesser stetig zunimmt. Die durch die ursprüngliche Schwingung mitgetheilte Bewegung überträgt sich somit auf immer größere Luftmassen; in der doppelten Entfernung vom schallenden Körper auf die vierfache, in der dreifachen Entfernung auf die neunfache Masse. In gleichem Verhältniß muß die Schwingungsgeschwindigkeit der Luftmasse und der Grad ihrer Verdichtung in der einen, ihrer Verdünnung in der andern Wellenhälfte, mithin die Stärke des Schalles selbst abnehmen. In diesem Gesetz einer raschen Abnahme liegt der Grund, warum jede Instrumentalmusik aus größerer Entfernung reiner erklingt, als in unmittelbarer Nähe. Die unzähligen zischenden, schnarrenden, rasselnden und kratzenden Geräusche, welche neben den eigentlich musikalischen Tönen aus einem Orchester auftauchen, sind Ursache eben so vieler Lufterschütterungen, welche, wie die krausen Wellchen einer Wasseroberfläche, die ebenmäßige Beschaffenheit der Hauptwellen stören. In einiger Entfernung aber ist die Kraft dieser kleinen Wellen zum Unhörbaren herabgesunken und nur der ungetrübte Eindruck der reinen musikalischen Töne ist zurückgeblieben.

Man muß annehmen, daß erst in größerer Entfernung von der Erregungsstelle des Schalles die Wellen eine auf ihrer ganzen Oberfläche gleiche Intensität haben, daß dagegen in der Nähe des tönenden Körpers die unmittelbar in der Richtung seiner Schwingungen fortgestoßenen Lufttheilchen den Schall mit größerer Stärke fortpflanzen. Es kann zwar dieß nicht als vollständiger Beweis gelten, daß die menschliche Stimme bei gemäßigter Stärke im Freien etwa auf 100 Fuß in der Richtung des Sprechens, nur 75 Fuß nach der Seite und nur 30 Fuß weit hinter dem Sprechenden vernommen wird, da der Körper selbst der Verbreitung des Schalles Hindernisse in den Weg stellt; aber daß man die Tragweite der Stimme, welche bei großer Anstrengung sich etwa auf den sechzehnten Theil einer Wegstunde erstreckt, durch den Gebrauch

eines konischen Rohrs, des Sprachrohrs, bis auf anderthalb Stunden erweitern kann, läßt wohl keine andere Auslegung zu. Es war schon den Akustikern im Beginne des 17. Jahrhunderts, Mersenne und Gassendi, bekannt, daß Schallstrahlen an einer Fläche, auf welche sie treffen, nach dem nämlichen Gesetze zurückgeworfen werden, wie eine elastische Kugel an glatter Wand, oder ein Lichtstrahl an einem Spiegel. Der einfallende und der zurückgeworfene Strahl bilden mit der zurückwerfenden Fläche oder auch mit einer zu ihr senkrecht gezogenen Linie gleiche Winkel.

Morland erfand im Jahre 1670 das Sprachrohr und producirte nach der Sitte damaliger Zeit seine Versuche vor dem Könige Karl II. Es sind in der Folge sowohl gelehrte mathematische Untersuchungen, als vielfache practische Versuche über die beste Form eines Sprachrohrs angestellt worden, sie führten indessen zuletzt auf die einfache Gestalt des Kegels zurück. An der beistehenden

Fig. 15.



Figur kann man erkennen, wie die am Mundloche des Sprachrohrs auseinander gehenden Schallstrahlen nach einigen Zurückwerfungen mehr und mehr der Axe des Rohres parallel werden; die nämliche Richtung nehmen die Schwingungen der Lufttheilchen an, so daß die am weiten Ende wie aus einem kolossalen Munde heraustretende Schallwelle einen vorzugsweise kräftigen Stoß nach der Richtung des Sprachrohrs auf die umgebende Luft ausübt. Ein cylindrisches Rohr hat nicht die Eigenschaft, die Schwingungen der Lufttheilchen seiner Axe parallel zu machen; es kann darum nur als Leitungsrohr für den Schall dienen, so daß der Mund des Sprechenden an das eine, das Ohr des Hörenden an das andere Ende angelegt ist. Die Schallwelle, welche sich sonst nach allen Richtungen verbreiten würde, wird auf diese Weise wenigstens bis zum Ende des Rohres zusammengehalten.

Wasserwellen, welche, an eine senkrechte Felswand anschlagend, zurückgeworfen werden und dann in gleicher Anordnung, in welcher

sie gekommen waren, den Rückweg antreten, können uns einigermaßen den unsichtbaren Vorgang der Schallreflexion versinnlichen. Da alle Körper mehr oder minder den Schall zu leiten vermögen, so tritt an der Grenzfläche zweier Substanzen immer eine Theilung der Bewegung ein. Die Theorie lehrt, daß eine elastische Welle nur dann vollständig in einen anderen Körper übertritt, wenn das Product aus der Dichte und der Schallgeschwindigkeit für beide aneinander grenzende Substanzen die nämliche Größe hat. Je bedeutender der Unterschied dieser Producte ist, ein desto größerer Theil der Bewegung kehrt als zurückgeworfene Welle an der Grenzfläche um.

Aus den folgenden Zahlen, welche jenes Product für einige Körper ausdrücken, kann man schließen, daß in allen in der Natur vorkommenden Fällen die zurückgeworfene Welle überwiegend stärker ist, als die in das zweite Mittel eindringende.

Wasserstoffgas	0,348	Tannenholz	7243,6
Luft . . .	1,330	Glas . . .	35618
Kohlensäure .	1,588	Blei . . .	43203
Wasser . . .	4417,6	Stahl . .	118424

Eine in der Luft fortgehende Schallwelle, welche auf eine Schichte Wasserstoffgas träfe, würde zwei Drittel ihrer Bewegung in dieses neue Mittel übertragen und nur mit ein Drittel ihrer anfänglichen Stärke zurückkehren. In Wasser dagegen vermag aus der Luft nur ein Tausendtel, in Tannenholz ein noch geringerer, in Stahl nur ein völlig unmerklicher Theil der Bewegung überzugehen. Eine Schallwelle müßte an einer glatten Wasserfläche etwa 570 Zurückwerfungen erfahren, ehe ihre Intensität auf die Hälfte herabgesunken wäre. Diese Verhältnisse ändern sich freilich sehr merklich, wenn die zurückwerfenden Flächen nicht glatt sind. Wie das Licht an einem gut polirten Spiegel in hohem Glanze zurückstrahlt, an einer weißen Papierfläche aber vielfach zerstreut, nur einen matteren Schein wirft, so erleidet auch der Schall an unregelmäßigen Oberflächen erhebliche Schwächung. Daß jedoch die groben Schallwellen in dieser Beziehung mehr vertragen, als die unendlich feineren Undulationen des Lichtes, dürfen wir daraus schließen, daß selbst von der

Grenze eines Hochwaldes der Schall noch in vernehmbarer Stärke zurückgegeben wird.

Treffen die Schallwellen auf Körper von sehr unvollkommener Elasticität, so verlieren sie von ihrer Kraft. Selbst der fortgehende und zurückgeworfene Schall zusammen würden der anfänglichen Stärke nicht mehr gleichkommen. Wände, welche mit Tuch überkleidet, oder mit noch feuchtem Bewurfe versehen sind, schwächen den Schall, eine Verkleidung von trocknem Fichtenholze dagegen nimmt ihm so gut wie Nichts von seiner Stärke.

Wenn an jeder Grenzfläche zweier Schichten von ungleicher Elasticität und Dichte eine theilweise Zurückwerfung des Schalles statthat, so kann man ermessen, warum doppelte Scheidewände, Doppel-Thüren und Fenster, warum Füllungen lose geschichteter Körper so gut wie undurchdringlich für den Schall sind. Es ist eine längst bekannte Erfahrung, daß in windstillen Nächten jeder Schall weiter trägt, als bei Tage. Mit Unrecht hat man dieß der Stille der Nacht zuschreiben wollen. Seitdem Humboldt dieselbe Wahrnehmung in den Wäldern der Aequinoctialgegenden machte, in welchen Nachts das geräuschvolle Thierleben erst beginnt, kann man den Grund der Erscheinung nur noch in der gleichmäßigeren Beschaffenheit der Atmosphäre zur Nachtzeit suchen, da die Luft bei Tage unter dem Einfluß mannichfacher, von der Sonne erregter Strömungen, für den Schall, wenn man so sagen darf, trübe und weniger durchsichtig wird. Nach der von Dr. Reid bei der Ventilation der Londoner Parlamentshäuser gewonnenen Erfahrung machte allein schon der in der Mitte des Saales aufsteigende mächtige Luftstrom, wenn die Heizung im Gange war, die Worte des Redners auf der gegenüberliegenden Seite des Saales unverständlich. Die Aufmerksamkeit der Baumeister der großen, ihrem Zweck so vorzüglich entsprechenden Musikhallen zu Boston und Liverpool ging selbst so weit, die Beleuchtung weit in die Höhe, 50 Fuß über den Boden, zu verlegen, damit die Verbrennungsgase sofort durch Oeffnungen in der Decke entweichen, ohne die homogene Beschaffenheit der Luft trüben zu können. Bekannt ist der dämpfende Einfluß, welchen Nebel auf musikalische Productionen im Freien üben und wie dagegen der Schall bei sehr reiner Luft oft eine außergewöhn-

liche Tragweite erlangt. Lieutenant Foster vernahm mit Parry auf Fort Bowen bei kaltem Wetter die menschliche Stimme auf 6700 engl. Fuß Entfernung. Diese Tragweite kann sich noch beträchtlich erweitern, wenn über eine ruhige Wasser- oder Eisfläche hinüber gesprochen oder gerufen wird, da zu dem directen Schall dann noch ein akustisches Spiegelbild desselben kommt. Das Lachen der Matrosen auf einem englischen Kriegsschiff zu Spithead wurde eine Stunde weiter in Portsmouth gehört und der Schall des Zapfenstreichs trug vom Edinburger Schloß auf mehr als 4 geographische Meilen Entfernung hin. Nach Dr. Arnott's Erzählung vernahm man auf einem auf der Höhe von San Salvador segelnden Schiffe das Glockengeläute eines Kirchenfestes jener Stadt sogar über 100 engl. Meilen weit. Schon die gleichmäßige Schneedecke im Winter erhält der über sie hingehenden Schallwelle eine größere Stärke, als der rauhe und mit Gewächsen bedeckte Boden.

Die Erkenntniß der Bewegungsgesetze hat die Vorstellung momentaner Wirkungen in der Natur völlig beseitigt. Ein Schlag, welcher eine Kugel plötzlich in Bewegung setzt, ein Knall, welcher unser Ohr, ja selbst der Blitz, welcher unser Auge trifft, haben sämmtlich eine gewisse, wenn auch nach unserer gewöhnlichen Art, zu messen, sehr kurze Zeit hindurch gewirkt; eine wirklich nur momentane Kraft würde keine Spur eines Eindrucks hervorbringen. Wir sehen die fliegende Geschützkugel nicht, weil ihr Bild im Auge den Ort zu rasch wechselt, um vom Nerv aufgenommen werden zu können. Jeder Sinneseindruck aber, einmal zu Stande gekommen, verharrt noch einige Zeit, auch wenn die wirkende Ursache nicht mehr vorhanden ist. Der Feuerkreis, welchen eine bewegte Kohle beschreibt, beweist uns die Dauer des Lichteindrucks; wir können das Zustandekommen des Tones selbst als einen Beweis für die Dauer der Eindrücke auf den Gehörnerv betrachten. Die nacheinander folgenden Wellenstöße würden einzeln empfunden, wenn nicht das Nachgefühl des ersten noch vorhanden wäre, wenn der zweite nachfolgt. Diese Dauer des Sinneseindrucks ist aber auch der Grund, warum man nicht in einer angegebenen Zeit, z. B. in einer Secunde, eine unbegrenzte Zahl discreter Töne vernehmen kann. Wenn nicht mehr als acht isochrone Wellenschläge in einer

Secunde zum Ohr gelangen, so ist es schwierig, sie noch in den Zusammenhang eines Tones zu bringen, die einzelnen Stöße lösen sich in der Empfindung von einander ab; und so hat man auch ermittelt, daß nur acht oder höchstens neun verschiedene Töne in der Secunde zum Ohr dringen dürfen, wenn dieselben noch einzeln nacheinander wahrgenommen werden sollen.

Jedes Wort, welches in einem Zimmer gesprochen, jeden Ton, welcher auf einem musikalischen Instrumente angeschlagen wird, vernimmt der Hörer nicht nur vermöge der Schallwellen, welche auf dem kürzesten Wege von der Schallquelle zum Ohre gelangen, sondern es fügt sich dazu der Eindruck der ein- oder mehrmals von den Wänden zurückgeworfenen Wellen. Gesetzt, die entferntesten Punkte der Decke und der Wände haben einen Abstand von 10 Fuß, so werden die einmal dort zurückgeworfenen Wellen nach $\frac{1}{50}$ Secunde, die zweimal zurückgeworfenen nach $\frac{1}{25}$ Secunde zum Ohre gelangen, sich also mit der Nachwirkung des ersten Eindruckes verstärkend verbinden. — Offenbar gleichen die mannichfach sich kreuzenden Verdichtungs- und Verdünnungswellen in einem solchen Raume sehr bald ihre Wirkung gegenseitig aus, da sonst ein störender Nachhall unter dem Einfluß der immer fortgehenden Reflexionen unvermeidlich wäre. In der That tritt eine solche Wirkung in weiteren Räumen dann auf, wenn die glatten und regelmäßig gebildeten Wände nirgends zu einer Durchbrechung und Zerstreuung der Schallwellen Veranlassung bieten.

Tritt aber eine solche Wand weiter als 56 Fuß zurück, so löst sich der Eindruck der zurückgeworfenen Welle, da er sich um etwa $\frac{1}{8}$ Secunde verspätet, von dem directen Schalle ab, und man hört ein Echo. Bei doppelter Entfernung der Echo gebenden Wand wird man zwei Töne durch den directen Schall unterscheiden können, ehe die zurückgeworfene Schallwelle anlangt, es ist dieß ein zweisylbiges Echo. Auf keine Weise könnte man ein vollkommneres Echo erhalten, als im Mittelpunkte eines vollkommen kugelförmigen Raumes mit glatten Wänden und einem Halbmesser von mindestens 56 Fuß. Die Schallwellen würden nach der Zurückwerfung an der Innenfläche der Kugel sich sämmtlich im Mittelpunkt wieder treffen, um dann aufs Neue nach dem Umfang einer

abermaligen Reflexion entgegenzueilen, und wenn man bedenkt, wie äußerst wenig die Luftwellen bei der Zurückwerfung an starren glatten Wänden an Stärke verlieren, so sieht man ein, daß man vor dem völligen Ersterben des Tones ihn viele hundertmale wiederholt vernehmen müßte. Nirgends wird man die beschriebenen Umstände vereinigt finden; es genügt aber auch, nur zwischen gegenüberliegenden Theilen einer solchen Kugelfläche, ja zwischen gegenüberliegenden ebenen Wänden einen Schall zu erregen, um ein mehrmals wiederholtes Echo zu vernehmen. Die Bergwände bei Wesel am Rhein geben ein 17faches Echo. Bei Verdün stehen zwei Thürme mit gewölbten Hallen durch einen Gang verbunden, welcher 150 Fuß lang durch das Hauptgebäude läuft; hier eilen die Schallwellen, ohne allzusehr geschwächt zu werden, mehrmals von einer Halle zur anderen; jedes in dem Gang gesprochene Wort hört man 12mal wiederholt. Auf der Villa des Marquis von Simonetta bei Mailand kann man zwischen zwei auf 135 Fuß einander gegenüberstehenden Gebäuden den Knall einer Pistole mehr als 50mal wiederholt vernehmen. Bei Rosneath in Schottland, an den Ufern des Clyde, soll ein Echo sein, welches eine gewisse Melodie dreimal wiederholt und zwar jedesmal in einem tieferen Tone, „welches letztere ich jedoch kaum glaublich finde“ setzt Chladni dieser Angabe hinzu. Diese abenteuerliche Nachricht hat jetzt in den Versuchen von Stokes über Veränderung der Brechbarkeit des Lichtes ein merkwürdiges Analogon gefunden.

Die Physiker, welche im Jahre 1822 Beobachtungen über Schallgeschwindigkeit zwischen Montlhéry und Ville-juif anstellten, bemerkten, daß der Knall der Kanonen bei völlig heiterem Himmel einfach und kurz war, daß ihn dagegen ein nachhallendes Rollen begleitete, sobald eine Wolke an den Himmel getreten war. Man darf dieß wohl als einen Beweis ansehen, daß an dem Rollen des Donners das Echo der Wolken den wesentlichsten Antheil hat, wenigstens in ebenem Lande und auf offener See. In Gebirgsthälern wird bekanntlich das Majestätische der Erscheinung durch das Echo der Bergwände noch gehoben.

Reiner und anmuthiger wird man den Klang der Musik nicht vernehmen können, als im Freien, wenn das Luftmeer in geräusch-

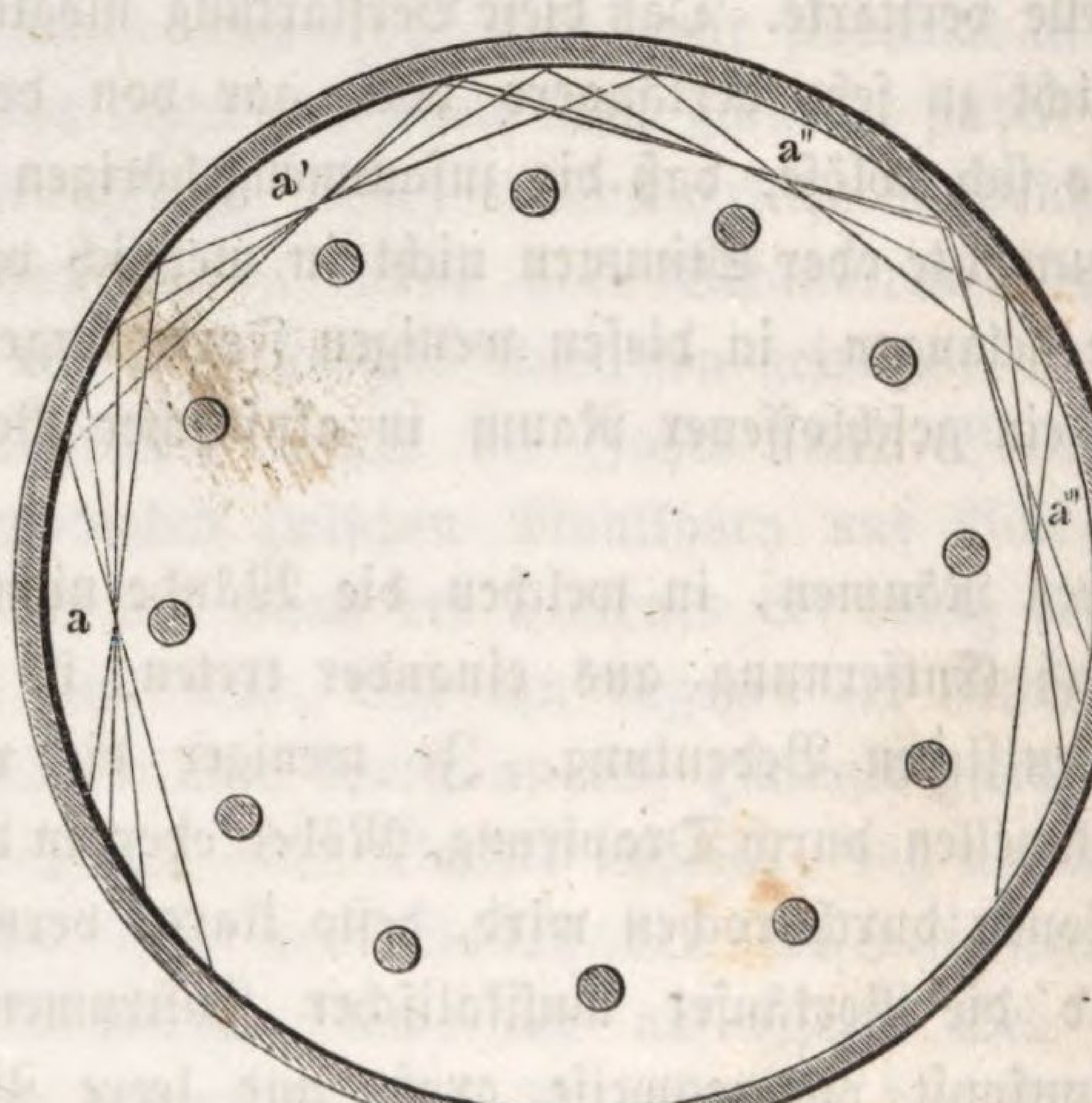
loser Ruhe verharrt und jeder Ton nur in einer einfachen Welle zum Ohre getragen wird. Das ferne Geläute der Glocken am Abend, die schwellenden Töne des Waldhorns oder der vereinte Klang von tausend Stimmen zu einem feierlichen Choral auf einer weiten Ebene oder auf einer frei gelegenen Anhöhe, rühren das Herz allein schon durch die Reinheit des Klanges. Der einfache Reflex an einem weiten Wasserspiegel erhöht die Tragweite der Töne, ohne ihre Reinheit zu trüben. Darum schweben die Klänge eines aus der Gondel tönenden Ave Maria so bezaubernd nach dem Ufer hinüber; der Reiz solcher Töne war für Händel einst das letzte Mittel, um den Unwillen seines königlichen Gebieters zu besänftigen.

Solche Genüsse gehören übrigens in dem europäischen Klima zu den Seltenheiten; haben doch selbst das neue Griechenland und Italien ihre Schauspielhäuser überdeckt. Wo nur wenige Instrumente oder Stimmen, wo die Worte eines Redners einer größeren Menschenmenge vernehmbar werden sollen, wird es nöthig, der Ausbreitung der Schallwellen durch geschlossene Räume Schranken zu ziehen, damit der Nachhall im Ohre des Hörers den Eindruck der directen Welle verstärke. Daß diese Verstärkung möglichst kräftig sei, sich aber nicht zu sehr verlängere oder gar von dem directen Schall als Echo sich ablöse, daß die zusammengehörigen Töne verschiedener Instrumente oder Stimmen nicht in merklich verschiedener Zeit zum Ohre gelangen, in diesen wenigen Forderungen vereinigt sich Alles, was ein geschlossener Raum in akustischer Beziehung zu leisten hat.

Bei kleineren Räumen, in welchen die Wände nicht auf mehr als etwa 45 Fuß Entfernung aus einander treten, ist die Gestalt von keiner wesentlichen Bedeutung. Je weniger die regelmäßige Form der Schallwellen durch Drapirung, Möbel oder in dem Raume befindliche Personen durchbrochen wird, desto klarer vernimmt man jeden Ton, und die Verkäufer musikalischer Instrumente wählen darum nicht umsonst vorzugsweise große und leere Zimmer zur Production ihrer Kunstwerke, da der Klang unter diesen Verhältnissen markiger und glänzender hervortritt.

In Kirchen und Theatern, in Sälen, welche zu Concerten, zu deklamatorischen und Rede-Vorträgen bestimmt sind und zugleich eine größere Menschenmenge fassen sollen, kann es nicht vermieden werden, daß die Schallwellen, an dem Zuhörer vorübergehend, noch einen Weg von mehr als 56 Fuß zurücklegen, bis sie an den Wänden zurückgeworfen werden; hier sind also die Bedingungen eines Echo's vorhanden, wenn nicht dafür gesorgt wird, daß die Stärke der in solcher Entfernung zurückgeworfenen Wellen bis zum Unhörbaren sich mindert. Gerade den entgegengesetzten Effect haben aber hohlrunde Flächen von regelmäßiger Form, Kuppelgewölbe, da sie die Schallwellen, ähnlich wie ein Hohlspiegel das Licht, zu größerer Stärke nach gewissen Punkten hin sammeln. In der Kuppel der Paulskirche in London scheint der Schall gewissermaßen an den Wänden umzulaufen; manche krumm angelegte Gänge führen aus diesem Grunde den Namen einer Flüstergallerie, weil auch ein leise gesprochenes Wort noch weit herumgetragen wird. Die folgende Figur zeigt, daß es an gewissen Punkten, wo die Schallstrahlen zusammenlaufen, vorzugsweise vernehmbar sein muß. Das Pantheon

Fig. 16.



oder die Rotonda in Rom hat ein so auffallendes Echo, daß, wie betrübend es auch zu sagen sein mag, Viele die Predigt mehr jenes

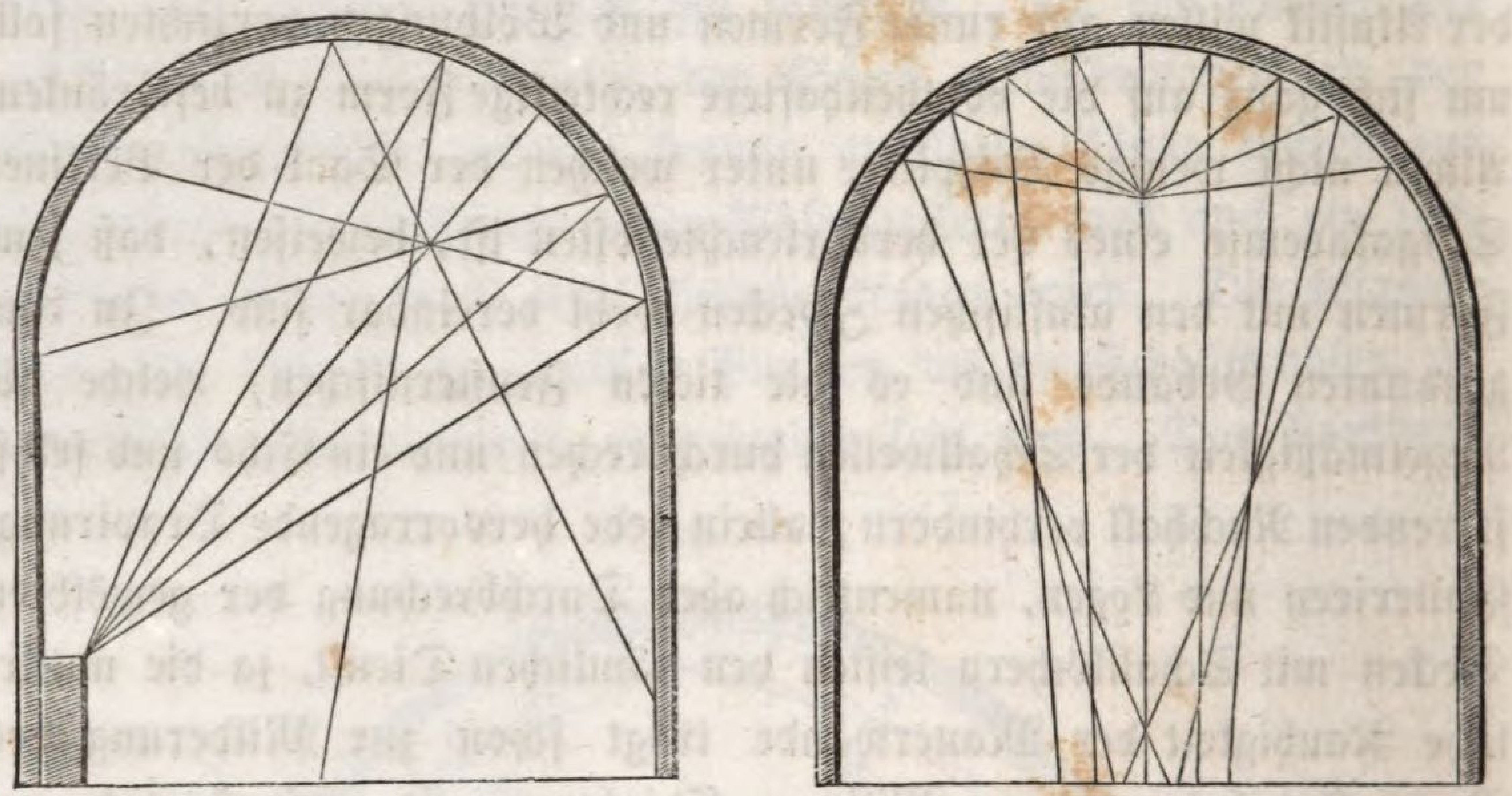
akustischen Phänomens wegen, als um der Ermahnungen des Geistlichen willen besucht haben sollen. Die nach dem Muster der Rotonda erbaute katholische Kirche zu Darmstadt hat den nämlichen Fehler mit übernommen, so daß der fromme Hörer die daselbst ausgesprochenen Wahrheiten zweimal vernimmt. Wären die Cassetten der Kuppel wirklich ausgeführt, anstatt nur gemalt, so würde dieß ohne Zweifel einen großen Theil der mangelhaften Akustik beseitigen. Die Universitätsaula zu München aber soll im Besitz eines fünffachen Echo's sein, eine Wonne für Solche, welche sich selbst gerne reden hören.

Es ist ein Opfer für den ausführenden Künstler, wenn er um der Akustik willen auf runde Formen und Wölbungen verzichten soll, um sich ganz auf die vortheilhaftere rechteckige Form zu beschränken. Allein nicht wenige Beispiele, unter welchen der Saal der Berliner Singakademie eines der hervorleuchtendsten ist, beweisen, daß jene Formen mit den akustischen Zwecken wohl vereinbar sind. In dem genannten Gebäude sind es die tiefen Fensternischen, welche die Regelmäßigkeit der Schallwellen durchbrechen und ein Echo und selbst störenden Nachhall verhindern; allein jede hervorragende Drapirung, Gallerieen nnd Logen, namentlich aber Durchbrechung der gewölbten Decken mit Schalllöchern leisten den nämlichen Dienst, ja die natürliche Rauhigkeit der Mauerwände trägt schon zur Milderung des Nachhalles bei. Canon Mills zu Edinburg, ein ursprünglich zur Gasbereitung bestimmtes Gebäude, diente der ersten Hauptversammlung der freien schottischen Kirche. Das Haus hatte rauhe Mauern und das Gebälke des Daches und die rauhen Schiefer waren sichtbar; die Redner wurden vortrefflich verstanden. Zahlreiche Nachbildungen jenes Gebäudes aber, zu welchen eine natürliche Pietät Veranlassung gab, und welche immer mit glatten Wänden und plattem Plafond versehen wurden, zeigten erhebliche akustische Mängel. Aehnliche Erfahrungen machte man, als ein geläuterter Kunstgeschmack den in der sogenannten Zopfzeit überladenen Baustyl mancher Kirchen zu vereinfachen begann, als man namentlich den Ueberbau über Altären mit allen dazu gehörigen Schnörkeln wegnahm. Ein höchst lästiger Nachhall stellte sich ein. In der St. Paulskirche zu Boston in Nordamerika versteht man nur einmal

im Jahre, am Weihnachtsfeste, den Prediger, weil die Sitte an diesem Tage der Kirche einen Schmuck zu geben erlaubt, welcher den Nachhall bricht und dämpft.

Am Schwierigsten vereinigen sich halbkugelförmige Kuppelgewölbe über hohen Räumen mit den Anforderungen der Akustik. Die erste der folgenden Ansichten zeigt, wie die von einem Punkte ausgehenden Schallstrahlen an einer anderen Stelle nahezu wieder zur Vereinigung kommen und von dort, wie von einer zweiten Schallquelle, weiter gehen. Schon bei mäßiger Höhe des Gebäudes hört man ein deutliches Echo. Nur Einen Punkt giebt es, und

Fig. 17.

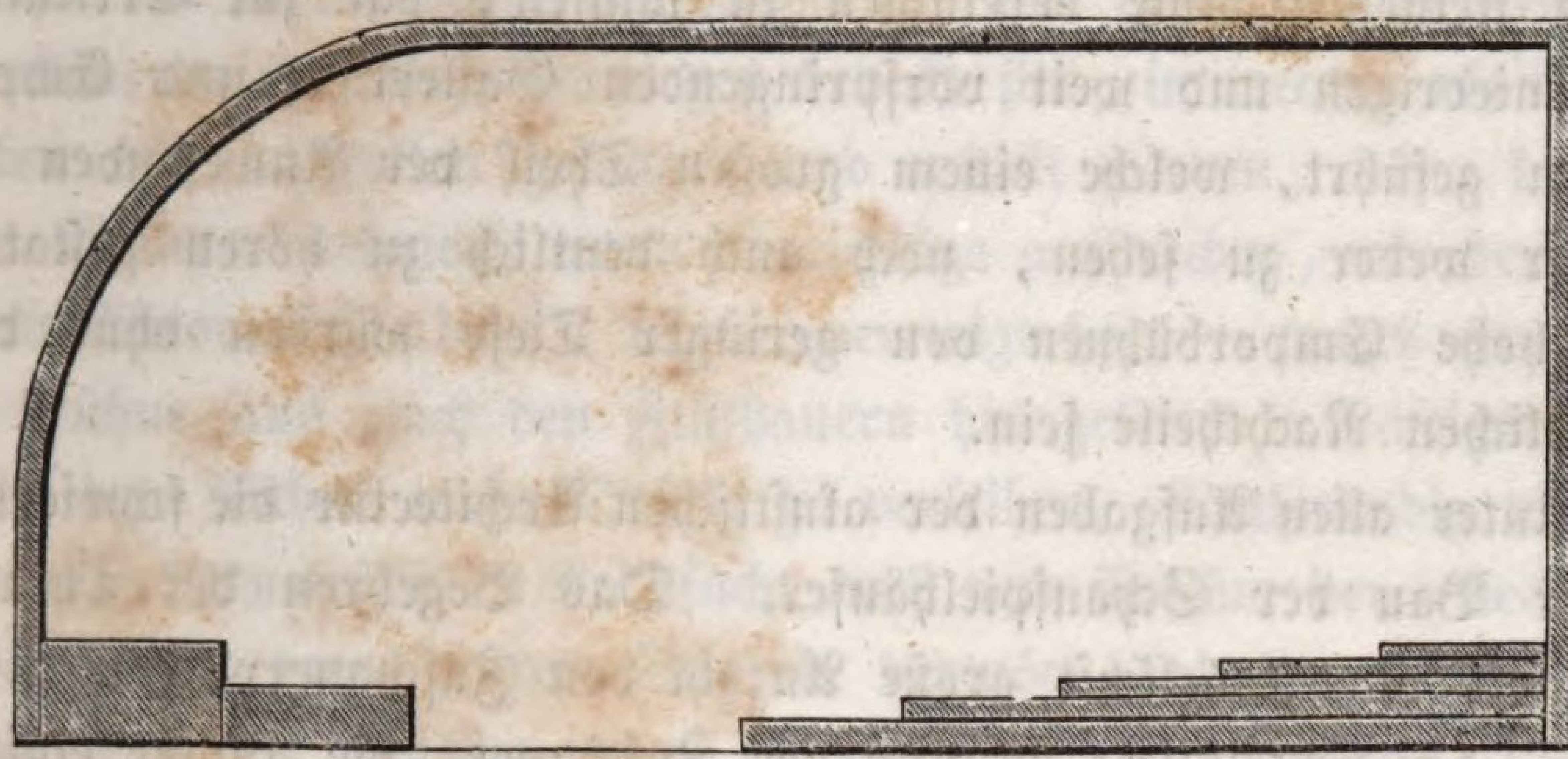


zwar in der halben Höhe zwischen dem Mittelpunkt der Kugel und ihrem Scheitel, von welchem aus die Worte eines Redners, die Stimme eines Orchesters oder Chores, deutlich und ungetrübt hinab zum Boden des Gebäudes gelangen. Die zweite der obigen Ansichten zeigt, wie die von jenem Punkte ausgegangenen Schallstrahlen, nachdem sie an der Kuppel zurückgeworfen wurden, sämmtlich beinahe senkrecht zur Erde herabfließen. Ein Orchester, durch eine Wolkendecoration dort verborgen, oder eine Rede von jenem Punkte aus würde eine vortreffliche Wirkung haben.

Am Ende eines Saales, welcher zu künstlerischen Productionen oder öffentlichen Reden dienen sollte, würde die Hälfte eines Kuppelgewölbes mit etwas nach abwärts geneigter Axe von sehr vortheilhaftem akustischem Effecte sein. Der Künstler müßte seine

Stelle gerade in der Mitte zwischen der Fläche des Gewölbes und seinem Mittelpunkt finden. Die von diesem Punkt ausgehenden

Fig. 18.



Schallstrahlen würden nach dem Zuhörerraum herabgeworfen; da sie keinen viel weiteren Weg, als die directen Strahlen zurücklegen, würde ein Echo oder lästiger Nachhall nicht zu fürchten sein. Uebrigens ist bei Räumen, welche zu öffentlichen Reden und Declamatorien bestimmt sind, jede Verstärkung auf Kosten der Deutlichkeit, der klanglosen Consonanten wegen, weit verderblicher, als bei Sälen, welche ausschließlich zu musikalischer Production bestimmt sind. In akustischer Beziehung empfiehlt sich ein von dem Orte des Redners nach dem Zuhörerraum sprachrohrartig sich erweiternder Saal; allein sowohl das Bedürfniß der Raumersparung, als die Ansprüche der ästhetischen Schönheit lassen unter gewöhnlichen Umständen eine solche Bauart nicht zu. Weit häufiger wählt man die halbrunde Form, die Rednerbühne an der Mitte der geraden Wand, die Sitze der Zuhörer in Halbkreisen amphitheatralisch aufsteigend, die Decke eben oder doch nur flach gewölbt.

Die alten Kathedralen gothischen Styls zeichnen sich durch die herrliche Wirkung aus, welche ihre Bauart der Kirchenmusik verleiht. Die imposante Größe der Räume, die rechteckige Form, die gebrochene Linie der Gewölbe, die Durchbrechung der größeren Wände mit vielgestaltigen Pfeilern, der Decken mit großen Schalllöchern, sind eben so viele Ursachen einer guten akustischen Wirkung. Auch die Redner werden in diesen Kirchen gut verstanden, da die Zuhörer sich in einem der größeren freien Räume dicht um den-

selben zu schaaren vermögen. In den neueren kleineren protestantischen Kirchen ist zwar die rechteckige Form meist beibehalten worden, allein die Nothwendigkeit, viele Zuhörer in einem verhältnißmäßig kleinen Raume vereinigen zu müssen, hat zur Errichtung jener niedrigen und weit vorspringenden Gallerieen und Emporbühnen geführt, welche einem großen Theil der Anwesenden den Redner weder zu sehen, noch auch deutlich zu hören gestatten. Nur hohe Emporbühnen von geringer Tiefe würden ohne diese wesentlichen Nachtheile sein.

Unter allen Aufgaben der akustischen Architectur die schwierigste ist der Bau der Schauspielhäuser. Das Begehren der Theaterdirection, eine möglichst große Anzahl von Zuschauerplätzen zu erhalten, der verzeihliche Wunsch der Zuschauer, die Bühne einigermaßen übersehen zu können, die Schauspieler zu verstehen und die aus dem weitschichtigen Orchester hervorbrausende Musik nicht vorzugsweise in einzelnen Instrumenten, sondern als Ganzes in präcisem Zusammenklang zu vernehmen, die Klage der Künstler, welche vergeblich Lunge und Kehle daran setzen, um gehört und verstanden zu werden, die Wünsche, welche in dem Ovid'schen

spectatum veniunt, veniunt spectentur ut ipsae

ihre Erklärung finden und andererseits wieder das Verlangen, in der Loge eine Art häuslicher Zurückgezogenheit pflegen zu können, — stehen sich vielfach feindlich gegenüber und man kann den Künstlern Bewunderung nicht versagen, welchen es gelungen ist, allen diesen disparaten Anforderungen gleichzeitig in gewissem Grade zu genügen.

Die Form der Schauspielhäuser im Ganzen dürfte keinen großen Aenderungen mehr unterworfen sein, da auch die offenbaren Mängel, wohin namentlich der tiefe Platz des Orchesters zu rechnen ist, auf einer eisernen Nothwendigkeit beruhen. Vortheilhaft wird es sein, die Bühne auf den Seiten möglichst verschlossen zu halten, damit nicht ein größerer Theil der Schallwellen, durch die Lücken entweichend, dem Zuschauerraum verloren gehe. Ganz besonders aber sind die schief gestellten Wände des Prosceniums, in welchem sich die Bühne nach dem Zuschauerraum erweitert, bestimmt, den Schall zu verstärken, sie werden aber dieser Bestimmung großentheils entzogen, wenn sie zu kurz, mit Säulen unnöthigerweise

verziert, oder gar mit Logen durchbrochen werden. Die Prosceniumslogen machen die größte akustische Sünde der modernen Theater aus, und wenn außerdem noch die Wände des Zuschauerraumes bis in die Nähe der Bühne hin mit tiefen, von hohen Seitenwänden eingeschlossenen Logen bedeckt sind, in welchen die Schallwellen wie in Fallen gefangen und erstickt werden, dann kann es nicht Wunder nehmen, wenn Vorschläge auftauchen, wie derjenige, dessen Autor Chladni's Akustik verewigt hat, — durch einen von der Bühne aus nach den Zuschauern hin geleiteten kräftigen Luftstrom dem Schall mehr Stärke zu verleihen. Nothwendig wird in dem gequälten Künstler Sehnsucht nach dem Costüm der griechischen Schauspieler rege, deren Stimme vermöge des sprachrohrartigen Ansatzes ihrer Masken „des Hörers Mark verzehrend“ auch zu den höchsten Stufen der amphitheatralischen Riesengebäude drang.

4. Das Pianoforte und die Harfe.

Als Hermes einst an dem Ufer des Nil lustwandelte, welcher nach einer seiner fruchtbringenden Ueberschwemmungen wieder in sein altes Bett zurückgetreten war, stieß er mit dem Fuße gegen die Schale einer Schildkröte. Das Thier selbst war verfault und die Reste der Knochen und Sehnen waren in der Sonne aufgetrocknet; erstaunt lauschte der Gott der erklingenden Sehne, hob die Schale auf und indem er über die Vervollkommnung dieses zufällig entdeckten Instrumentes nachdachte, erfand er die Lyra. Von der Musik des Volkes, bei welchem diese Sage einst Eingang gefunden hatte, ist Nichts auf unsere Tage gekommen, aber auf den Denkmalen der ägyptischen Baukunst, welche mehre Jahrtausende überdauerten, erblicken wir die Bilder prachtvoller Harfen, welche uns einen in jener frühen Zeit schon vervollkommneten Bau der Saiteninstrumente beweisen. Cithern und Harfen erklangen bei dem Tempeldienst der Hebräer. Wie Josephus erzählt, ließ Salomo, als er den Tempel verschwenderisch ausstattete, „der musikalischen Instrumente, welche für den Gesang erfunden sind, und Harfen und Cithern heißen, vierzigtausend verfertigen“; die Hindu's erhielten ihr vorzüglichstes Saiteninstrument, die Vina, in einer vorgeschichtlichen Zeit von Nared, dem Sohne Sereswati's, der Göttin der Sprache und Beredsamkeit. Homer meldet, daß die Sänger der alten Griechen ihre Lieder auf der Lyra und Cither begleiteten; der ganze Orient war reich an den Saiteninstrumenten,

welche entweder mit den Fingern gerissen, oder mit Stäbchen geschlagen wurden. Wie die Harfe schon in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung ihre Wanderung nach Westen bis zu den äußersten Küsten und Inseln nahm, wo sie später in den Händen der Barden zu Ossian's Gesängen erklang und jetzt noch in den Gefilden des grünen Eilands und in den Gebirgen von Wales vernommen wird; so brachten die Mauren die Laute nach dem Abendland, wo sie bald sammt ihren Töchtern, der Theorbe, Mandoline, der Pandore und Guitarre, heimisch wurde.

Die beiden unvollkommensten aller Saiteninstrumente, die Leyer und das Hackbret, sowie das vollkommenste und in unseren Zeiten verbreitetste, das Fortepiano, sind deutsche Erfindungen. Diesen Instrumenten soll unsere nächste Betrachtung vorzugsweise gewidmet sein.

Die Lyra tedesca, einst bei dem Landvolk so beliebt, wird jetzt nur noch selten gehört. Ueber den violaartigen Kasten, an welchen an der Stelle des Griffbretes ein schmaler hohler Raum sich anschließt, sind vier Darmsaiten gespannt. Zwei derselben sind im Einklang gestimmt und behalten ihre Tonhöhe während des Spielens bei, da sie immer nur nach ihrer ganzen Länge schwingen; die beiden anderen geben mit Hülfe eines am hohlen Halse angebrachten Tastenapparates eine diatonische Tonleiter von 10 bis 12 Tönen. Das Anstreichen der Saiten geschieht mittelst eines hölzernen Rades, auf dessen glattem mit Harz bestrichenen Rande die Saiten aufliegen. Das Rad aber wird mittelst einer über das breite Ende des Resonanzkastens hinausragenden Kurbel gedreht. Diese mechanische Spielart, welche nicht den geringsten Ausdruck gestattet, der ärmliche musikalische Umfang, welcher die monotonen Weisen dieses Instrumentes zum Sprichwort machte, lassen uns die Vergessenheit, in welche die Bauernleyer im Laufe des 19. Jahrhunderts gerieth, keineswegs bedauern.

Einfacher im Bau und von etwas größerem musikalischen Werth ist das Hackbret, welches, wenn man nach seinem italienischen Namen, salterio tedesco, schließen darf, aus dem im Alterthume so verbreiteten Psalterium hervorging. Ueber einen rechteckigen Kasten von mehren Fuß Länge und Breite, dessen Deckel aus einer Reso-

nanzplatte besteht, sind Metallsaiten gespannt, welche an Wirbeln gestimmt und mit hölzernen Klöppeln geschlagen werden. Diese Klöppel sind auf einer Seite mit Filz überzogen, um damit das Piano hervorbringen zu können; das Forte aber ist außerordentlich durchdringend, wie sich bei dem kräftigen Anschlag und der Mächtigkeit des Resonanzraumes nicht anders erwarten läßt, und das Instrument konnte darum bei ländlichen Tänzen ein Orchester ersetzen. Das Hackbret umfaßte in früheren Zeiten nur zwei bis drei Octaven, jeder Ton war nur mit Einer Saite (einchörig) bezogen und die Tonleiter war diatonisch. Auf der Höhe seiner Ausbildung aber reichte sein Umfang von C bis c_3, also durch vier Octaven, und der dreichörig durch die chromatische Tonleiter gehende Bezug bestand daher aus 147 Metallsaiten. Wegen seines scharfen Tones ist es immer mehr in Mißkredit und außer Gebrauch gekommen. Schon Ottomarus Luscinius nennt es in seiner 1536 erschienenen Musurgia: instrumentum ignobile propter ingentem strepitum vocum.

Die verschiedenen Töne eines musikalischen Instrumentes mittelst Tasten zum Ansprechen zu bringen, ist ein Mittel, welches zuerst an der Orgel zur Anwendung und zu immer größerer Entwickelung kam, nachdem diese, seit dem siebenten Jahrhundert im Kirchendienste eingeführt, sich bald darauf im Abendlande verbreitete. Den Gesangschülern, deren Ausbildung namentlich seit Gregors I. Zeiten die Kirche so viel Sorgfalt widmete, diente das von den Griechen überkommene Monochord als Hülfsmittel zur Einübung der Kirchentöne, und Guido von Arezzo, dessen größter Ruhmesanspruch sich auf die praktische Einrichtung und Verbreitung des Gesangunterrichts gründet, hat auch den Gebrauch des Monochords zu diesen Zwecken bequemer gemacht. Ein über der Eintheilung verschiebbarer Steg erlaubte rasch von einem Ton zum anderen überzugehen. Die Geschichte aber hat den Namen Dessen nicht aufbewahrt, welcher bald nach Guido der lästigen Verschiebung des Steges mit der Hand überhob, indem er eine Reihe von Tasten auf dem Körper des Monochords anbrachte. Es genügte, sie niederzudrücken, damit am anderen Ende angebrachte Stege oder Tangenten die der Eintheilung der Tonleiter entsprechenden Stücke der

Saite begrenzten. So ergab sich natürlich das Bedürfniß, mehre Saiten neben einander zu spannen, und es entstand im Laufe des 12. oder 13. Jahrhunderts das Clavichord, dessen Name, aus clavis, die Taste, und chorda, die Saite, zusammengesetzt, das Instrument vollständiger bezeichnet, als der später gebräuchliche kürzere Name Clavier. In einem rechteckigen Kasten befand sich links in einer schiefen Linie der Stiftstock, wo die Saiten aus Messingdraht mit Schlingen in Stifte eingehängt waren, rechts der Wirbelstock, an welchem die um Wirbel geschlungenen Saiten gestimmt wurden. Die Tasten drehten sich um Stifte, welche gleich hinter der Claviatur im Wagebalken befestigt waren, und erhielten durch Fischbeinstäbchen, welche am hinteren Ende angebracht, sich in Einschnitten bewegten, eine sichere Führung, um nicht zur Seite wanken zu können. Die richtige Länge der Saiten war durch Stiftchen auf einer gekrümmten Holzleiste, dem Steg, abgegrenzt, gegen welchen sie durch ihre eigne Spannung angedrückt wurden. Der Steg aber war innig verbunden mit einer Fichtenplatte, dem Resonanzboden, welcher unter den Saiten und Tasten durch die ganze Länge und Breite des Instrumentes ausgespannt war. In allem diesem weicht der Bau des Claviers nur wenig ab von der Jedermann bekannten Construction des Pianoforte's. Ganz verschieden von diesem aber war, wie schon oben erwähnt, die Art, wie in jenem älteren Instrumente die Saiten angeschlagen wurden. Auf dem hinteren Ende der Tasten waren Messingplättchen aufgerichtet, welche, wenn die Tasten vorn an der Claviatur niedergedrückt wurden, an die Saiten schlugen und so gleichzeitig die Länge abgrenzten, welche tönen sollte, und sie zum Schwingen brachten. Freilich entstanden auf diese Weise auf jeder Saite zwei schwingende Abtheilungen, allein der Ton des einen, weit kürzeren Stücks gewann keine vernehmbare Stärke, und selbst die längere Abtheilung konnte nur schwach tönen, da der Anschlag in einem Punkt geschah, an welchem sofort alle weitere Bewegung durch das anschlagende Plättchen selbst gehemmt wurde. Die Klangfarbe des Instrumentes gewann dadurch einen zarten, fast schüchternen Character, so daß es sich nur zum Gebrauche in geräuschloser Einsamkeit eignete, aber da auch einen eigenthümlichen Reiz hatte. Koch nennt es „das Labsal des Dulders und des Frohsinns theil-

nehmenden Freund" und selbst Beethoven stellt dem Klavier das Zeugniß aus, daß man bei ihm unter allen Tasteninstrumenten den Ton und die Art des Vortrags allein in der Gewalt habe.

Ueber fünfhundert Jahre blieb man dabei, mehre Tasten an die nämliche Saite in verschiedenem Abstande vom Stege anschlagen zu lassen, namentlich wurden die sogenannten chromatischen Töne cis, dis u. s. f. durch Anschlag an die Saiten der nächst tieferen Töne hervorgebracht. Die Geschichte nennt Daniel Faber als den ersten, welcher im Anfange des 18. Jahrhunderts diese Unvollkommenheit entfernte und ein vollkommen bundfreies Clavier baute. Dagegen hatte der Tonreichthum schon seit dem Ende des 15. Jahrhunderts, sowohl nach dem Umfang in Höhe und Tiefe, als der Mannichfaltigkeit innerer musikalischer Eintheilung nach stetig zugenommen. Wirdung sagt (1511), man habe zuvor an den Clavichorden nur die 22 Töne:

G A H c d e f g a b h c_1 d_1 e_1 f_1 g_1 a_1 b_1 h_1 c_2 d_2 e_2

gehabt, also die Guidonische Tonleiter; dann aber habe man noch mehrere Schlüssel (Tasten) für die chromatischen Töne zugefügt, so daß man deren 38, nämlich

F G Gis A B H c cis d dis e f fis g gis a b h c_1 cis_1 d_1 dis_1 e_1 f_1 fis_1 g_1 gis_1 a_1 b_1 h_1 c_2 cis_2 d_2 dis_2 e_2 f_2 fis_2 g_2

anwendete. Auf den von ihm abgebildeten Tasteninstrumenten umfaßt die Claviatur die chromatische Skale von A bis h_2. Offenbar schloß sich dieses Tongebiet ganz an den Umfang der menschlichen Stimme an. Damals kannte man die Emancipation der Instrumentalmusik von dem Gesang noch nicht.

Hundert Jahre später, als Prätorius sein syntagma musicum schrieb, hatte sich dieß geändert. Die Clavichorde umfaßten vier Octaven von C bis c_3, meist in chromatischer Tonfolge. Doch bemerkt Prätorius, daß es niemals gelingen könne, auf den Clavichorden und Orgeln das chromatische Geschlecht über allen Tönen so rein darzustellen, wie bei den Violen und Lauten, da den Saiten und Pfeifen in jenen Instrumenten weder zugegeben noch genommen werden könne. Er sah zu Prag ein in Wien gebautes Clavier, welches die Töne in enharmonischer Folge, cis und des, dis und es ꝛc. jeden gesondert angab und somit in den vier Octaven nicht

49, sondern 77 Tasten hatte. Bundfrei scheint aber auch dieses Instrument nicht gewesen zu sein. Der thätige Clavierbauer Silbermann in Straßburg gab zu Anfang des 18. Jahrhunderts seinen Clavieren noch keinen größeren Umfang, als jene 4 Octaven von C bis c_3, und erst später erweiterte man denselben bis C_{-1} nach der Tiefe, bis a_3 nach der Höhe.

Schon im Beginne des 16. Jahrhunderts hatte sich indessen das Bedürfniß nach einem Tasteninstrument von kräftigerem Tone, als „das Labsal des Dulders und des Frohsinns theilnehmender Freund" ihn geben konnte, geltend gemacht, und hatte die Erfinduug des Clavicymbels hervorgerufen, dessen Name an das Hackbret (cymbalum) erinnert. Die liegende Form desselben nennen Wirdung und Prätorius auch „Virginal", die aufrechtstehende „Clavicytherium". Im 18. Jahrhundert wurde der Name „Flügel" gebräuchlicher. Das Instrument verdankt denselben seiner Form, welche sich natürlich ergab, indem man die Saiten der tieferen Töne auf die für einen kräftigeren Ton erforderliche Länge brachte.

Aber auch die Dicke der Saite hebt die Fülle und Kraft des Tones, und da man dickere Saiten für gleiche Tonhöhe stärker spannen muß, so wählte man anstatt Messing den festeren Stahl. Aber mehr noch, als durch die genannten Umstände, mehr noch, als durch den größeren Resonanzboden und den größeren Resonanz gebenden Luftraum, wurde die Tonstärke des Flügels im Vergleich zu der des Claviers gehoben durch die besondere Art des Anschlags. Die der ganzen Länge des Flügels entlang laufenden Saiten wurden durch Stückchen Rabenkiele gerissen, welche auf dem hinteren Ende der Tasten angebracht waren. Der Ton des Clavicymbels hat sich übrigens niemals die Anerkennung der Musiker erworben, wie derjenige des sanfteren Clavichords. Mattheson sagt: „Will Einer eine delicate Faust und reine Mannier hören, der führe seinen Candidaten zu einem saubern Clavicordio, denn auf den großeu mit 3 bis 4 Zügen und Registern versehenen Clavicymbeln werden dem Gehör viele brouillerieen echappiren und man wird schwerlich die Mannier mit distinction vernehmen können." Es gewährt jetzt kein besonderes Interesse mehr, alle die Zusätze und Veränderungen kennen zu lernen, welche dem Flügel im Laufe des 18. Jahrhunderts

gegeben wurden und welche zum großen Theil mehr in einer Geschichte des Abfalls vom reinen Kunstgeschmack eine Stelle finden müßten. Flöten-, Trompeten- und Paukenregister, Vorrichtungen für Verstärkung und Schwächung des Tones, das Anbringen mehrer Claviaturen, endlich Abänderung des Flügelformats in Tafelform und aufrecht stehende Gestalten wurden von den Erfindern vielfach als Ansprüche auf Unsterblichkeit betrachtet. Das Instrument des Pastor Diwiß (1730) hatte 790 Saiten, ließ 130 Veränderungen zu und erlaubte zudem noch, dem Spieler nach Belieben einen elektrischen Schlag zu ertheilen. Mehr Gewicht kann man darauf legen, daß die Rabenkiele, welche sehr vergänglicher Natur waren, 1740 von Wiklef durch Messingfedern und 1768 durch Paschal Taskin in Paris durch Stückchen Ochsenhaut ersetzt wurden. Das clavecin à peau de buffle des letzteren erndtete großen Ruhm und fand vielfache Nachahmung. Die drei Claviaturen, zwei mit Rabenkielen, eine mit Ochsenhaut, sollen eine wunderbar reizende Abwechslung des Vortrags gestattet haben. Der Canonicus Trouflaut schrieb darüber im Jahre 1773: „la magie des sons qu'il fait entendre captive l'attention de l'auditeur, intéresse son coeur, l'enchante, le ravit; j'ose ajouter avec confiance, que le Claveçin à buffles est très supérieur au Pianoforte.“

Daß man auf den Gedanken kommen konnte, den Anschlag der Saiten mittelst Tasten, durch dessen Anwendung aus dem Monochord allmälig das Clavichord geworden war, mit dem Anschlag durch Hämmer, welcher längst an dem Hackbret gebräuchlich war, zu verbinden, lag wohl im natürlichen Entwicklungsgang des Instrumentenbaues. Weniger hätte man erwarten dürfen, daß die erste Mechanik der Art, welche der Paduaner Bartolomeo Cristofali im Jahre 1711 ersann*), schon alle wesentlichen Theile der heutigen Pianofortemechanik, den Hammer von der Taste gesondert, die Auslösung, den Fänger und den für jede Taste

*) Giornale dei letterati d'Italia, Tom. V, 144. Venezia, 1711. Vergl. Schafhäutl's Bericht über die musikalischen Instrumente auf der Münchener Industrieausstellung im Herbst 1854, S. 81.

abgesonderten Dämpfer enthielt, mithin weit vollkommener war, als die Mechanik, zu welcher Gr. G. Schröter in Nordhausen 1717 den ersten Gedanken faßte, und welche er 1721 in zwei Modellen dem Dresdener Hofe vorlegte. Practisch wurde indessen, da Schröter die Mittel fehlten, der Bau des Hammerclaviers, in Deutschland wenigstens, erst durch Gottfried Silbermann in Freiberg, welcher im Jahre 1726 das erste Instrument vollendete. Aus Deutschland drang die Erfindung ums Jahr 1760 zunächst nach London und um die Zeit, zu welcher der Canonicus Trouflaut schrieb, bezog man in Paris einzelne Instrumente aus England.*) Was man auch damals gegen das allzu Künstliche in der Zusammensetzung, gegen die Rauhheit der Baßtöne des Pianoforte's sagen mochte, Taskin's Erfindung war die letzte Glorie des Claviers und „das Labsal des Dulders“ sowohl, als das bezaubernde claveçin à buffles haben der größeren musikalischen Vollendung des Pianoforte's weichen müssen. Das Wesentliche der neuen Erfindung besteht darin, daß durch den Niederdruck der Tasten Hämmerchen in die Höhe geschnellt werden, welche an die Saiten schlagen und dieselben nach dem Anschlag sofort wieder verlassen; ferner, daß, sobald der Finger die Taste verläßt, dem Fortklingen der Saite durch einen auffallenden Dämpfer ein Ende gemacht wird. Diese Eigenthümlichkeiten des Pianoforte's sind auf die Flügelform und die aufrecht stehenden Instrumente mit den dabei nöthig werdenden Abänderungen übertragen worden; die bis in unsere Tage fortgehenden Vervollkommnungen hatten zum Zweck, einen vollen wohlklingenden und zugleich präcisen Anschlag des Hammers mittelst einer leichtgehenden und doch hinreichend dauerhaften Mechanik zu bewirken, ferner durch größere Dimensionen, zweckmäßige Einfügung des Resonanzbodens und einen starken

*) Der Instrumentenmacher Marius soll nach Fétis und Savart der Pariser Akademie im Jahre 1716 ein Clavier mit Hämmern vorgelegt haben. Allein diese Arbeit scheint ohne weitere Erfolge geblieben zu sein, da selbst in Paris bis zum Jahre 1777 keine Pianoforte's gebaut wurden, dann aber diese Kunst von Deutschen, den Gebrüdern Erhard, daselbst eingeführt wurde.

Saitenüberzug die Tonstärke zu erhöhen und dabei durch die Festigkeit der Materialien und der Construction dem Instrument eine längere Dauer zu sichern. In letzterer Beziehung indessen sind die Erfolge bis jetzt nur gering zu nennen. Welcher Unterschied der Lebensfähigkeit zwischen einer Violine, welche nach zweihundertjährigem Gebrauche noch mit frischer jugendlicher Stimme tönt und einem Pianoforte, an welchem sich nicht selten schon zwischen dem 6. und 10. Jahre Spuren des Marasmus zeigen!

Den Bemühungen von Johannes Stein zu Augsburg in der letzten Hälfte des 18. Jahrhunderts und der mit dessen Schwiegersohne, Andreas Streicher, beginnenden Reihe von Wiener Künstlern in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, sind die rasch aufeinander folgenden Vervollkommnungen im Pianofortebau hauptsächlich zu danken. Wenn man indessen das Resultat der Londoner großen Ausstellung, im Jahre 1851, auf welcher 191 Pianoforte's von 106 Künstlern aus fast allen Ländern Europa's und aus Nordamerika um die Palme rangen, als maßgebend betrachten wollte, hätte Deutschland in den letzten zehn Jahren nicht gleichen Schritt mit England und Frankreich gehalten, da Erhard, welcher Ateliers in London und Paris besitzt, die erste Medaille davontrug und nächstdem die Werke der englischen Künstler Collard und Broadwood am Höchsten gestellt wurden. Doch darf man nicht übersehen, daß Deutschland auf jener Ausstellung nur wenig, Wien fast gar nicht vertreten war.

Kein anderes musikalisches Instrument hat je solche Verbreitung gefunden, wie das Pianoforte. Aus Wien gehen jährlich 2600, aus Würtemberg 1000, aus der einzigen Fabrik von Broadwood in London 2300, aus ganz London geht jährlich die zehnfache Zahl von Pianoforte's in allen Gestalten hervor und in alle Welt. Für den, welcher nur die mindeste Einsicht in das Wesen der heutigen Musik hat, liegt der Grund des Vorzugs, welchen man dem Pianoforte einräumt, klar zu Tage. Die Lyra konnte im Alterthum genügen, wo die Instrumentalmusik nur die Begleiterin des Gesangs war und wo man zudem nur eine Begleitung im Einklang oder in der Octave kannte, die Laute, das Rebec und die Viola mochten in der Hand der Troubadours und Minne-

sänger einer ähnlichen Rolle gewachsen sein, aber wie die älteren contrapunctischen Sätze und selbst die meisten Compositionen Bach's aus und an der Orgel, wie die melodiösen Tondichtungen Haydn's und Mozart's vielfach im Geiste des Streichquartetts, so sind die neueren musikalischen Schöpfungen mit ihren wechselvollen Harmonieverbindungen und ihrer umfassenden Instrumentirung am Clavier und Pianoforte entstanden. Auf welchem anderen Instrumente sollte der Componist, dessen Gedankenflug die Orgel nur schwerfälligen Schrittes zu folgen vermag, Tondichtungen so mannichfaltigen Characters und so reicher Ausstattung mit gleicher Annäherung wiedergeben, als auf dem Pianoforte? Gegen solche Vorzüge nimmt man freilich in den Kauf, daß das Piano kein Sing- sondern ein Klinginstrument ist, daß Alles, was den Ausdruck des einzelnen Tones betrifft, ein Anschwellen und Abnehmen, das Getragene im leisesten Hauche, wie im imponirendsten Klange, ja daß selbst das sanfte, schüchterne Erbeben, mit welchem die Harfe zum Herzen spricht, und welches einst dem Clavier seinen Reiz verlieh, auf dem Pianoforte nicht gesucht werden darf.

Das große Interesse, welches dieses Instrument schon seiner allgemeinen Verbreitung wegen in Anspruch nimmt, wird es rechtfertigen, wenn wir nun näher auf die Beschreibung seines inneren Baues eingehen, obwohl derselbe in wissenschaftlicher Beziehung weit weniger begründet und erforscht ist, als derjenige der meisten anderen musikalischen Instrumente. Weder über eine vortheilhafteste Gestalt und Größe des ganzen Instrumentes, noch über die Art, wie für die verschiedenen Tonlagen Länge, Dicke und Spannung der Saiten gegeneinander abzugleichen, und von welcher Größe und Stärke der Resonanzboden zu wählen wäre, sind exacte Bestimmungen gemacht. Wenn man weiß, welchen Einfluß geringfügig erscheinende Nebenumstände — wie z. B. die Stärke und Elasticität der Hammerstiele, der mehr oder weniger elastische Lederüberzug der Hammerköpfe, die Sprunghöhe des Hammers, die Wahl des Ortes, an welchem er die Saite trifft, — auf die Schönheit des Klanges äußern, so wird man um so leichter sich erklären, warum die Wissenschaft das Bereich des Pianofortebaues bis jetzt noch ganz der Empirie und dem feinfühlenden Geschmack des

Künstlers überlassen mußte. Wir fürchten nicht, der wissenschaftlichen Akustik zu nahe zu treten, wenn wir die Grenzen ihrer Leistungen bezeichnen, da Niemand, welcher die Geschichte der Naturforschung kennt, an einer stetigen Erweiterung dieser Grenzen zweifeln wird. Zu welcher Vollkommenheit ist die Messung der Schwingungszahlen gediehen, seit Mersenne im Beginne des 17. Jahrhunderts die Saite und Sauveur hundert Jahre später die Pfeife zu diesem Zwecke anwendete! Dagegen besitzt die Wissenschaft noch kein Mittel zur messenden Vergleichung der Tonstärke, eine Messung des Wohlklangs scheint ins Reich der Phantasieen zu gehören und doch hat man kein Recht, sie für unmöglich zu erklären, wenn man annimmt, daß sich die Wellenformen ermitteln lassen, welche dem Ohre die reinsten und angenehmsten Klänge zuführen.

Den verschiedenen Formen, welche das Fortepiano angenommen hat, insbesondere der Flügel- und Tafelform, haben vorzugsweise die englischen Künstler durch sehr massive Holzverbindungen und zweckmäßige Verspreizung mittelst eiserner Stäbe große Dauer und Festigkeit zu geben gewußt. Ihre Instrumente wurden hierdurch zum Verbringen in ferne Welttheile geeignet und gewannen, da sie einen stärkeren Saitenbezug ertrugen, an welchen sich eine derbere Mechanik anschloß, den Vorzug eines volleren Tones, welcher nur von größeren schwingenden Massen ausgehen kann. Gerade hierin ist der Flügel dem Tafelpiano so weit überlegen, da außer der größeren Länge der Saiten und ihrer vermehrten Zahl, auch der ganze Bau des Flügels geeigneter ist, starker Spannung Widerstand zu leisten. Bei dem Tafelpiano unterbricht die Claviatur den Zusammenhang in unzweckmäßiger Weise. In der Anwendung des Eisens, zu welcher man vor etwa 50 Jahren griff, und womit namentlich die nordamerikanischen Künstler die Einflüsse ihres ungünstigen Klima's zu pariren suchten, scheint man etwas zu weit gegangen zu sein. Sowohl eine vollständige Vergitterung des Holzbaues mit Eisen, als die Einfügung ganzer gußeisener Rahmen schaden dem Tone, welchem sie einen harten, kurz abbrechenden Character verleihen.

Die englischen Künstler haben darum neuerdings die Anwendung des Eisens bedeutend beschränkt und die größere Festigkeit des Ganzen vielmehr dadurch zu erreichen gewußt, daß sie die Richtung der Resultante des Saitenzuges auf einen so unregelmäßigen Körper, wie der Kasten eines flügelförmigen Piano's ist, experimentell ausmittelten; daß sie dann die Widerstandsstreben, welche an das im Andreaskreuz gefügte Hauptgebälke sich anschließen, in jene Richtung legten. — Die Vervollkommnung der aufrecht stehenden Fortepiano's, der sogenannten Pianino's, in welchen die Saiten in einer verticalen Ebene entweder schräg oder senkrecht aufwärts gehen, verdankt man Pariser Ateliers, welche indessen von deutschen Künstlern geleitet sind. Dort hat man diesen Instrumenten neben dem gefälligen Aeußeren eine sehr vollkommene Mechanik und große Klangfülle zu geben verstanden.

Die Saiten sind die Tonerreger im Pianoforte. Je mehr Masse man ihnen giebt, desto nachdrücklicher werden sie diesen Dienst verrichten, und der große Umfang der resonanzgebenden Theile erlaubt in dieser Beziehung bei Weitem mehr zu thun, als in irgend einem anderen Saiteninstrument. Der Länge der Saiten zieht die Convenienz Schranken, welche die Größe des ganzen Instrumentes in ein dem Zwecke angemessenes Maß einschließt; selbst in den größten Flügeln geht die Saitenlänge der tiefsten Töne nicht bis zu 6 Pariser Fuß. Auch einer Vermehrung der Dicke sind sehr enge Grenzen gezogen, denn mit der Biegsamkeit scheinen die Saiten an Wohlklang zu verlieren. Das feine Gehör der Künstler hat über die passenden Verhältnisse längst entschieden; die vorzüglichen Gußstahlsaiten, welche aus den Fabriken von Webster in Manchester und in noch größerer Vollkommenheit aus der von Miller in Wien hervorgehen, sind je nach ihrer Stärke durch Nummern benannt, deren jede einer gewissen Tonlage im Pianoforte den besten Klang giebt. In den höchsten Tönen beträgt die Dicke nicht ganz $\frac{1}{3}$, in den tiefsten nicht ganz $\frac{3}{4}$ einer Pariser Linie und das Verhältniß zur Länge geht von $\frac{1}{70}$ auf etwa $\frac{1}{1200}$ herab. Es leuchtet ein, daß man unter diesen Umständen den Metallsaiten unbedingt Vorzug geben mußte, da diese bei gleicher Länge und Dicke wenigstes viermal mehr Masse als Darmsaiten haben. Allein um die

volle Schallkraft eines so umfangreichen Instrumentes zu wecken, genügt ein einfacher Bezug nicht; jeder Ton des Tafelpiano's ist mit zwei, jeder Ton des Flügels mit drei gleichgestimmten Saiten versehen und nur in den anderthalb tiefsten Octaven, in welchen für die ungehinderte Bewegung so vieler starker Saiten nicht Raum ist, hat man zu einem anderen Mittel greifen müssen, die schallerregende Masse zu vermehren. Die Töne der Tafelpiano's haben in dieser Lage nur je eine, die der Flügel nur zwei Saiten, welche entweder mit feinerem Eisendraht oder für die tiefsten Töne mit dem noch schwereren Kupferspinndraht umwunden sind.

Offenbar wird man in der höchsten Lage, wo die Saiten sich unangenehm verkürzen, desto mehr an Länge gewinnen, je günstiger sich das Verhältniß der Festigkeit der Saiten zu ihrem Gewichte stellt, darum sind hier längst die zarten Messingfäden des Clavichords durch den festeren Stahl ersetzt und in jedem Piano sind die Saiten der höchsten Octaven bis nahe zur äußersten Grenze ihrer Spannung in Anspruch genommen. Hauptsächlich wegen ihrer etwa anderhalbmal größeren Festigkeit haben die deutschen Gußstahlsaiten das englische Fabrikat selbst in den Pianofortefabriken Londons verdrängt. Da für die Baßtöne, deren Saiten verhältnißmäßig zu ihrer Tonhöhe die geringste Länge haben, die Spannung auf das kleinste Maß zurückgeführt ist, mit welchem die Schönheit des Tones noch bestehen kann (etwa $\frac{3}{5}$ der Festigkeit), so behielt man bei ihnen die Messingsaiten noch längere Zeit bei, doch wurden auch sie endlich durch Stahlsaiten ersetzt, welche mit allen anderen Vorzügen noch den vereinigen, sich durch die Wärme nur etwa halb so stark als das Messing auszudehnen. Sie sind darum der Verstimmung durch Temperaturänderungen in geringerem Grade unterworfen. Nur das Platin übertrifft den Stahl noch in dieser Beziehung; allein dieses Metall besitzt nicht ganz die Hälfte der Festigkeit und kann schon seines hohen Preises wegen nicht in Frage kommen.

Die Aufgabe, einen Ton von gewisser Höhe durch eine Saite zu geben, ist an sich eine unbestimmte, insofern man vier verschiedene Factoren, die Länge, die Dicke, die Spannung der Saite und die eigenthümliche Schwere ihrer Substanz zur Verfügung hat.

Allein durch die Bedingungen einer angemessenen Raumbeschränkung und möglichster Tonstärke sowie durch die angeführten Gesetze des Wohlklangs, welche den Aenderungen in der Dicke und Spannung enge Schranken ziehen, ist das Problem für das Pianoforte ein bestimmtes geworden und der Rechnung bleibt allein übrig, den stetigen Uebergang in Länge, Dicke und Spannung der Saiten vom tiefsten zum höchsten Ton durch Einschalten nach dem Gesetz geometrischer Reihen zu vermitteln. Wo man diese Hülfe verschmäht, geben sich nach Beendigung des Baues schroffe Uebergänge in der Klangfarbe kund, welche durch mancherlei Abänderungen in der Garnirung der Hammerköpfe mühsam und unvollkommen ausgeglichen werden. Ohnehin wird die Stetigkeit durch den Uebergang von den übersponnenen zu den freien Saiten, sowie von einer Saitennummer zur anderen, da die Fabriken nicht jede berechnete Dicke liefern, einigermaßen gestört. Läßt man aber die Spannungsgrade stetig verlaufen, so zeigt die Rechnung an, wo es zweckmäßig ist, zu einer anderen Nummer überzugehen und wie man innerhalb des Gebietes jeder Saitennummer die Mensuren zu wählen hat.*) In einem Flügel, welcher sieben Octaven von A_{-2} bis a_4 umfaßt, nimmt die Länge der Saiten von 68 auf etwas weniger als 2 Pariser Zolle ab, ihre Dicke von 0,74 Linien auf 0,3, die Spannung endlich von 90 auf 30 Kilogramme. Rechnet man die Spannung aller 235 Saiten zusammen, so ergibt sich eine Zuglast von etwa 220 Centnern, welcher der Rahmen des Instrumentes einen dauernden unerschütterlichen Widerstand leisten muß. — Bei dem Tafelpiano ist die schwingende Saitenmasse jedes einzelnen Tones etwa $\frac{3}{4}$ von derjenigen des Flügels, die Saitenlängen der tieferen Töne sind geringer, etwa 58,9 Pariser Zoll für F_{-1} und, wenn das Instrument sechs und eine halbe Octave von C_{-1} bis f_4 umfaßt, so beträgt die ganze Spannungslast der 139 Saiten etwa 140 Centner.

Die Hauptklangmasse geht, wie bei allen andern Saiteninstrumenten, so auch bei dem Pianoforte, von dem Resonanzboden aus. Directer kann man den Beweis nicht führen, als dieß von

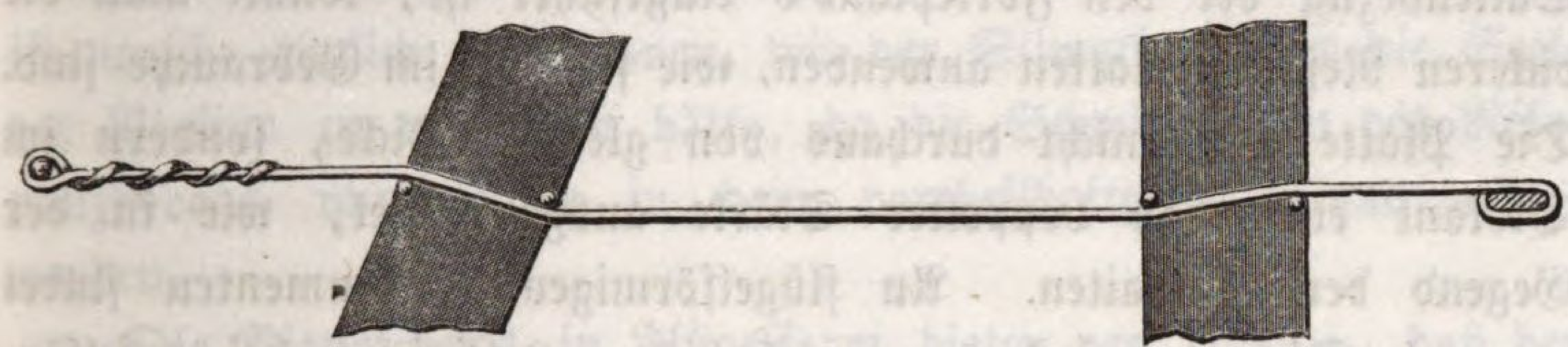
*) Vergl. Kützing's Werk über Fortepianobaukunst, Bern 1844.

Pellisov geschehen ist. Sämmtliche Saiten eines Flügels waren sammt dem Stege aus dem Instrument genommen und untereinander in wagerechter Richtung an einer Zimmerwand ausgespannt. Sie wurden durch eine Tastenmechanik, ähnlich derjenigen an den aufrechtstehenden Pianino's, angeschlagen. Von dem Stege erstreckte sich ein Stab von Fichtenholz durch die Wand in ein benachbartes Zimmer bis zum Resonanzboden des Flügels. Hier prägte sich das Spiel in vollen Tönen aus, während der Spieler selbst die Schwingungen der Saiten nur als ein leises, kaum hörbares Klingen vernahm. Eine möglichst vollständige Uebertragung der Saitenschwingungen auf den Resonanzboden und eine zweckmäßige Verbindung dieses letzteren mit dem Körper des Instrumentes, damit dieser die Resonanz unterstütze, bilden eine der wesentlichsten akustischen Aufgaben des Pianofortebaues.

Die Saiten werden einerseits mittelst angebogener Schlingen in Drahtstifte eingehängt, am anderen Ende um starke Stahlstifte, die sogenannten Stimmnägel gewunden. Diese letzteren sind in einen Stab von festem Holz oder Metall, den Stimmstock, eingeschraubt, durch Drehen derselben mittelst des Stimmschlüssels giebt man der Saite die nöthige Spannung und bringt beim Abstimmen die erforderlichen kleinen Abänderungen der Tonhöhe hervor. An den Flügeln findet man die ganze Reihe der Stimmnägel vorn, gleich nächst der Claviatur. Auch bei den vorderstimmigen Tafelpiano's nehmen sie die nämliche Stellung ein; sie drängen sich indessen wegen des engeren Baues der Claviatur so dicht zusammen, daß der Raum für den Saitenbezug in höchst unvortheilhafter Weise beschränkt wird. Darum verdient die amerikanische Construction, welche den Stimmstock in den hinteren Raum verlegt, so daß die Stimmnägel sich fast längs der ganzen Diagonale des Körpers ausbreiten können, den Vorzug. Noch mehr Raum hat man in neueren Instrumenten dadurch gewonnen, daß man die Saiten der tiefsten Baßtöne schräg über die anderen spannte. Jedoch ist dieser Vortheil durch eine weniger günstige Resonanz der höher gelegten Baßsaiten und einen davon abhängigen jähen Wechsel der Klangfarbe aufgewogen.

Die angegebenen Befestigungsarten grenzen übrigens die Länge der Saiten an beiden Enden keineswegs mit solcher Schärfe und Sicherheit ab, daß für starken und schwachen Anschlag eine gleiche unveränderliche Tonhöhe gesichert wäre. Man läßt darum die Saiten sowohl in der Nähe der Stimmnägel als auch der Anhängstifte noch, wie die Figur zeigt, um feine Stahlstifte biegen, welche

Fig. 19.



eine hinlänglich scharfe Begrenzung der zum Tönen bestimmten Saitenlänge abgeben. Am einen Ende der Saite sind diese Stifte noch im Stimmstock selbst befestigt, am anderen Ende aber in einer gebogenen, innig mit dem Resonanzboden verbundenen Leiste, dem Steg. An dieser Stelle vorzüglich geschieht die Uebertragung der Bewegung von der Saite auf den Resonanzboden, weßhalb die Künstler darauf Bedacht nehmen, der Saite eine feste Auflage auf den Steg zu geben. Es ist jedoch nicht unsere Absicht, die zu diesem Zweck ersonnenen Vorrichtungen, sowie die Einrichtung des mit dem Stimmstock verbundenen metallenen Stegs und Klangstocks, sowie der für die Anhängestifte bestimmten Eisenplatte näher zu beschreiben. Durch Anwendung der letzteren, welche sich in ihrer Ausbiegung dem Stege des Resonanzbodens parallel hält, werden die jenseits dieses Steges gelegenen Saitenstücke, die sonst leicht ein klirrendes Geräusch veranlassen, bedeutend verkürzt und zugleich wird die Festigkeit und Dauer des Instrumentes erhöht.

Der Resonanzboden ist eine Platte von geradefaserigem Fichtenholze. Ob man die Fasern den Saiten parallel oder schräg gegen deren Richtung laufen läßt, ist zwar auf den Klang von keinem wesentlichen Einflusse. Da indessen die Saiten, vermöge der doppelten Schränkung auf dem Steg, Druckkräfte gegen den Resonanzboden äußern, so wird es gerathen sein, die Richtung dieser Kräfte zu studiren und die Fasern des Resonanzbodens, sowie die

rechtwinkelig dazu gelegten Verstärkungsleisten oder Rippen so zu richten, daß jenen Kräften der vollständigste Widerstand geboten ist. — Zwischen der Dicke der Saiten und der Stärke der Resonanzplatten besteht eine gewisse Beziehung, welche nicht ohne Nachtheil für die Kraft und Fülle des Tones unbeachtet gelassen werden darf. Ein schwacher dünner Faden kann einem sehr dicken Resonanzboden keine kräftige Schwingungen einflößen, und erst seitdem ein stärkerer Saitenbezug bei den Fortepiano's eingeführt ist, konnte man die dickeren Resonanzplatten anwenden, wie sie jetzt im Gebrauche sind. Die Platte wird nicht durchaus von gleicher Dicke, sondern im Diskant etwa von doppelter Stärke ausgearbeitet, wie in der Gegend der Baßsaiten. An flügelförmigen Instrumenten findet man die Dicke des Holzes von 4,5 bis zu 2 Linien, bei tafelförmigen Piano's von 3 bis 1,8 Linien abnehmen. Keinesfalls aber darf man annehmen, daß mit jeder Saite etwa nur der zunächst unter ihr liegende Streifen der Resonanzplatte isochrone Schwingungen vollende, im Gegentheil ist die ganze Platte durch die quer gegen die Fasernrichtung laufenden Rippen möglichst innig zu einem Ganzen verbunden, allein die nächste Uebertragung der Schwingung von der Saite zum Boden scheint leichter und vollkommener zu geschehen, wenn die unmittelbar unter der Saite liegenden Theile an sich schon möglichst in Uebereinstimmung mit ihr schwingen.

Wenn bei der gebräuchlichen Mechanik, bei welcher der Hammer von Unten gegen die Saite geschnellt wird, der Anschlag die Mitte der Saite treffen sollte, so müßte die Resonanzplatte in zwei Theile gespalten sein und nur mittelst zweier Stege könnte eine wirksame Bewegung auf diese Theile übertragen werden. Allein auch abgesehen von allen mit einer solchen Anordnung verbundenen Unvollkommenheiten, würde die durchaus angewendete Art des Anschlags, nämlich in $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{8}$ der Saitenlänge vom einen Ende aus gerechnet, den Vorzug verdienen. Der Schlag des Hammers ertheilt der Saite und somit auch durch den Steg dem Resonanzboden unmittelbar Transversalschwingungen mit, also diejenige Art der Bewegung, welche zur Erregung von Wellen in der Luft erfordert wird; aber die Biegung der Saite wird unsymmetrisch, wenn der Anschlag in der Nähe des einen Endes geschieht, ihre

Schwingungen bestehen in einem Hin= und Hereilen dieser unsymmetrischen Biegung und es sind damit ruckweise Einwirkungen im Sinne der Länge der Saite auf ihre Befestigungspunkte nothwendig verbunden. Die Längenschwingungen, welche dem Resonanzboden hierdurch eingeprägt werden, sind es namentlich, welche die Mittheilung der Bewegung an den ganzen Körper des Instrumentes und damit den runden und vollen Ton vermitteln. Es leuchtet übrigens ein, daß bei dem Fortepiano eine Vorrichtung überflüssig ist, welche ähnliche Functionen, wie der Stimmstock oder die Seele der Violine zu verrichten hätte, da die Schwingungen des Resonanzbodens unmittelbar in dem vortheilhaftesten Sinne erregt werden.

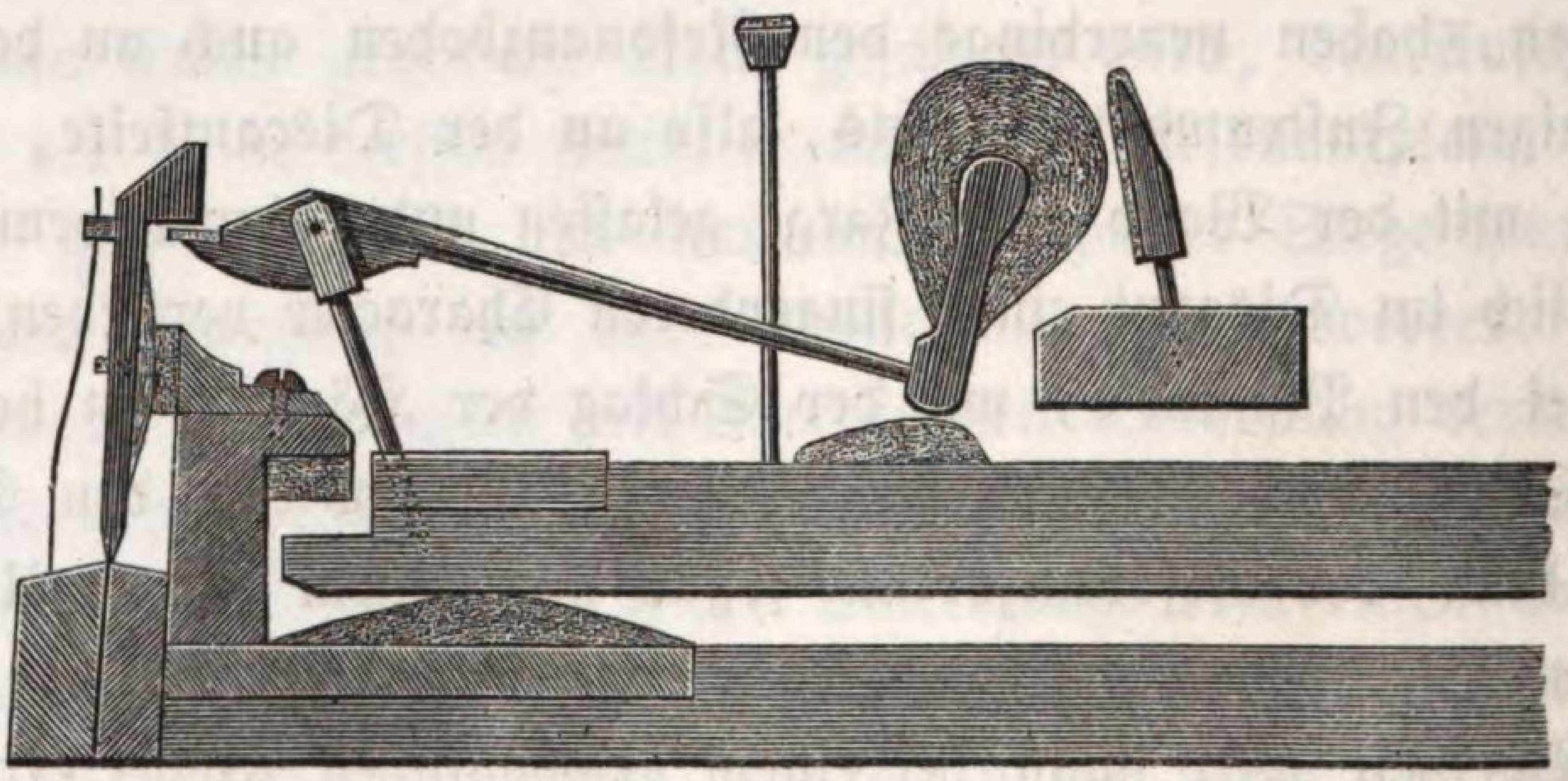
Die Pianoforte's in Flügelform bieten den Vorzug, daß der Resonanzboden nur vorn frei endigt, wo zwischen ihm und dem Stimmstock noch die Hämmer freien Durchgang zum Anschlag von Unten finden müssen, daß er aber an drei Seiten fest mit dem Körper des Instrumentes verbunden ist. Bei den tafelförmigen Piano's, seien diese nun vorderstimmige (deutsche Construction) oder hinterstimmige (amerikanische Construction), findet der Anschlag der Hämmer hinten an der der Claviatur entgegengesetzten Seite statt, bei diesen ist daher eine feste Verbindung des Resonanzbodens nur an den beiden kürzeren Seiten möglich. Die englischen Künstler, welche durch den massiven Bau ihrer Instrumente an Tonstärke genug gewinnen, haben neuerdings den Resonanzboden auch an den flügelförmigen Instrumenten rechts, also an der Discantseite, unverbunden mit der Wand oder Zarge gelassen und dadurch dem Tone namentlich im Discant einen singenderen Character verliehen.

Bei den Pianino's, wo der Schlag der Hämmer in horizontalem Sinne geschieht, und die Mechanik aufrecht vor den Saiten steht, kann der Resonanzboden sogar auf seinem ganzen Umfang mit dem Körper des Instrumentes vereinigt werden, und den nämlichen Vortheil wird man bei einem gewöhnlichen Flügel erreichen, wenn man das ganze Tasten= und Hammerwerk, kurz die sogenannte Mechanik, über die Saiten legt, und den Anschlag von Oben geschehen läßt. Dieß war in der That Schröter's erster Gedanke, sein erstes Modell hatte diese Einrichtung; es ist mit derselben an

sich schon ein nicht unwesentlicher akustischer Vortheil verbunden, indem der Hammerschlag und somit die erste kräftige Bewegung die Saite in der Richtung gegen den Steg und den Resonanzboden zu schnellen, nicht, wie bei dem Anschlag von Unten, von diesem zu entfernen strebt. Um den Grund einzusehen, warum — auch abgesehen von den Schwierigkeiten, welche beim Anschlag von Oben sich dem Stimmen entgegenstellen, Schwierigkeiten, welche übrigens bereits in sinnreicher Weise beseitigt wurden — demungeachtet die andere Art des Anschlags bei Weitem die verbreitetste ist, wird es nöthig, etwas näher auf die Betrachtung der Ansprüche einzugehen, welche an eine gute Mechanik zu stellen sind, sowie der verschiedenen Einrichtungen, mittelst deren man jenen Ansprüchen zu genügen versucht hat. Ein Kenner des Pianoforte's (Schafhäutl) drückt Das, was die Mechanik zu leisten hat, treffend in den Worten aus: „Sie muß sich den Fingern des Spielers bis ins kleinste Detail anschließen und der Spieler muß fühlen, daß die Mechanik dieß thue — denn nur dann wird das Spiel behaglich sicher und giebt die Ideen des Spielers in ihren zartesten Schattirungen wieder."

Die nachstehende Figur*) giebt ein Bild der Mechanik, welche nach den um die Mitte des 18. Jahrhunderts erfundenen Verbesserungen von Johann Andreas Stein unter dem Namen der deutschen

Fig. 20. Ein Drittel natürl. Größe.



*) Die folgenden Abbildungen der verschiedenen Arten der Claviermechanik sind aus dem Werke: der Flügel, von H. Welcker, 1853, entnommen und nur in kleineres Maß reducirt worden.

Mechanik noch bis in die neueste Zeit in ausgebreiteter Anwendung stand. Man sieht das hintere Ende der Taste, welches sich aufwärts bewegt, wenn der Finger des Spielers das andere an der Claviatur zu Tage kommende Ende niederdrückt. Bei dieser Bewegung stößt der auf der Taste sitzende Hammer mit seinem hinteren Ende gegen ein knieförmig ausgeschnittenes Holzstäbchen, den Auslöser, und dreht sich in Folge dessen um die stählerne Axe, welche in der Hammerkapsel in Pfannen läuft. Der Hammerkopf hebt sich, hat aber, wenn bei ganz sanftem Niederdruck die Taste zur tiefsten Lage gelangt ist, die Saite noch nicht berührt und fällt, da in der bogenförmigen Bahn der Angriff des Hammerstiels sich von dem Auslöser frei gemacht hat, wirkungslos zurück. Einige Schnellkraft gehört daher zum wirklichen Anschlag, aber um so gewisser verläßt auch der Hammerkopf die Saite unmittelbar, nachdem er sie gerührt und läßt dieselbe frei erklingen, so lange die Taste niedergehalten wird. Gerade in dieser Anordnung besteht einer der Hauptvorzüge des Fortepiano's vor dem alten Clavier, in welchem die Messingtangenten an der Saite während ihres Erklingens haften bleiben mußten.

Die Größe des Niederdruckes der Taste wird man nach der Bequemlichkeit des Spieles bemessen; von der Lage des Wagepunktes, d. h. des Drehpunktes der ganzen Taste, hängt die Größe ihres Auf- und Niedergangs am hinteren Ende ab. Rein geometrisch betrachtet kann man über diese Elemente nach Gutdünken verfügen und dabei doch noch den Hammerkopf zu beliebiger Höhe heben, indem diese, je nach dem Verhältniß des hinteren Hebelarmes, welcher gegen die Auslösung stößt, zu der Länge des Hammerstieles sich ändert. Doch leuchtet ein, daß wenn die Auslösung auf einen allzukurzen Hebelarm wirkte, dem Niederdruck der Taste ein sehr fühlbarer Widerstand entgegenstehen, daß ein sehr langer Hebelarm aber einen zu matten Aufgang des Hammers zur Folge haben würde. Die runden Stifte auf der Wageleiste allein genügen zu einer sicheren Führung der Taste nicht, erst dadurch, daß am vorderen Ende jeder Taste ein zweiter Stift in einer entsprechenden Bohrung steht, wird eine Drehung in horizontalem Sinne vermieden.

Der Auslöser der deutschen Mechanik ist mittelst eines Streifens Pergament so in die darunter befindliche Leiste eingefügt, daß er mit Leichtigkeit in schwingende Bewegung versetzt werden kann; eine Feder aus hartem Messingdraht drückt ihn in der Richtung nach dem Hammer gegen eine Widerlage. Allein der Stoß des hinteren Hammerendes selbst entfernt, indem er den Auslöser gegen den Druck der Messingfeder zurückbiegt, das Hinderniß, welches den Hammer zum Steigen brachte; jenes Ende gleitet an der Vorderfläche des Auslösers herab, ohne jedoch, so lange die Taste niedergedrückt bleibt, sich aufs Neue unter dem Winkel des Auslösers zu fangen. Der Finger muß die Taste zuvor verlassen, wenn die Saite aufs Neue angeschlagen werden soll.

Der niederfallende Hammer würde vermöge der Elasticität, welche bei dem Stoß von Holz gegen Holz immer ins Spiel tritt, in eine hüpfende Bewegung gerathen, welche die Präcision eines rasch nachfolgenden zweiten Anschlags gefährden könnte. Dieser Uebelstand wird durch den sogenannten Fänger gehoben, an welchem die vordere Seite des Hammerkopfs in der Nähe der Ruhelage mit einiger Reibung herabgleitet. Wenn die Taste horizontal liegt, berührt der Hammerkopf den Fänger gar nicht, daher derselbe dem Hammer beim Aufgang kein Hinderniß bereitet.

Alle Punkte der Mechanik, an welchen harte Körper sich berühren würden, sind, um jedes Geräusch zu vermeiden, mit weichen Stoffen: Tuch, Leder oder Filz, ausgefüttert und gepolstert. Wenn man erwägt, welche unzählbare Menge nicht gerade immer der zartesten Erschütterungen und Stöße die feinen Theile der Mechanik erleiden, so wird es einleuchtend, daß nur die genaueste Ausführung der einzelnen Stücke, sowie die sorgfältigste Bereitung und Anwendung der Materialien dem Instrumente einige Dauer sichern kann. Eine ganz besondere Aufmerksamkeit verdient der Stoff, welcher zur Garnirung der Hammerköpfe verwendet wird, von ihm wird die Saite unmittelbar getroffen, und es hängt darum nicht nur die Klangfarbe des Tones an sich, sondern auch ihre Dauer von seiner Beschaffenheit ab. Der Wechsel der Materialien und ihre verschiedene Bereitungsweise bilden daher einen wesentlichen Theil der Geschichte des Fortepianobaues. Das Schafleder des Oestreichers

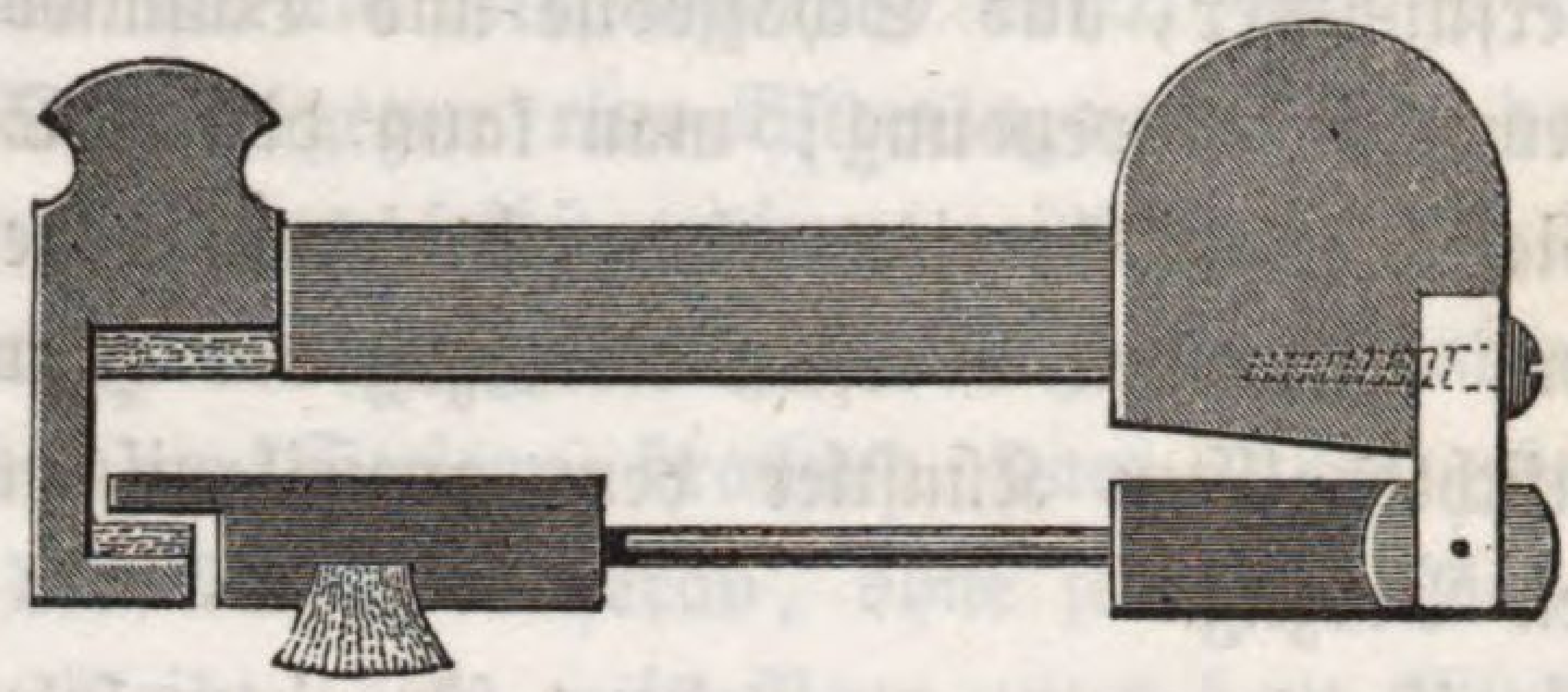
Kaindel, das Hirschleder Trumpfer's in Wien, englischer Baumwollenstoff (Molleton), ein von Pape*) in Paris zubereiteter Filz verdrängten sich der Reihe nach, und nunmehr steht ein in England erfundener, aus Schafwolle und Baumwolle gemischter Filz in allgemeiner Anwendung; man kann diesen Stoff, welcher einzig für diesen Zweck bereitet wird, in jedem neuen Fortepiano kennen lernen. Für den obersten Ueberzug des Hammerkopfs geben die einsichtsvollsten Künstler dem amerikanischen Hirschleder unbedingt den Vorzug.

Der Filz ist dagegen ganz geeignet für einen sehr wesentlichen Theil der Mechanik, dessen wir bis jetzt noch nicht gedacht haben, für die Dämpfung. Der schwache und rasch wegsterbende Ton des Claviers erforderte keine besondere Vorrichtung, um das Nachklingen der angeschlagenen Saiten zu hemmen; bei dem Fortepiano aber, dessen Saiten unter dem Hammerschlag ungleich kräftiger erklingen, kann ein unharmonisches Tongewirre allein dadurch vermieden werden, daß jeder Saite nur so lange zu tönen gestattet ist, als der Finger die Taste niederhält. Cristofali hatte schon bei der ersten Erfindung der Hammermechanik auf eine für jeden Ton gesondert angebrachte Dämpfung Bedacht genommen. Er schob zwischen Taste und Hammer einen zweiarmigen Zwischenhebel ein; der vordere Arm trug eine Stoßzunge und ward beim Niederdruck der Taste gehoben, so daß der Stößer den Hammer in die Höhe schnellte, der zweite hintere Arm senkte sich gleichzeitig und befreite die Saite von der Dämpfung, welche ein mit Fries belegtes Stäbchen bei ruhender Taste bewirkte. Auch Schröter's erstes Modell enthielt eine, wenn auch unvollkommnere Art der Dämpfung. Dennoch enthielten die Silbermann'schen Hammerclaviere anfänglich eine solche Vorrichtung nicht; sie wurde erst, nachdem das neue Instrument einige Jahrzehnte im Gebrauch gestanden hatte, von deutschen und englischen Künstlern wieder eingeführt wurde, etwa so, wie sie in vervollkommneter Form die folgende

*) Auch dieser durch viele Erfindungen im Pianofortebau ausgezeichnete Künstler ist ein Deutscher. Er stammt aus Württemberg und hat sich 1815 in Paris niedergelassen.

Figur darstellt. Mit Ausnahme der zwei höchsten Octaven, deren kurze Saiten ohnehin nicht merklich nachklingen, liegt auf jeder

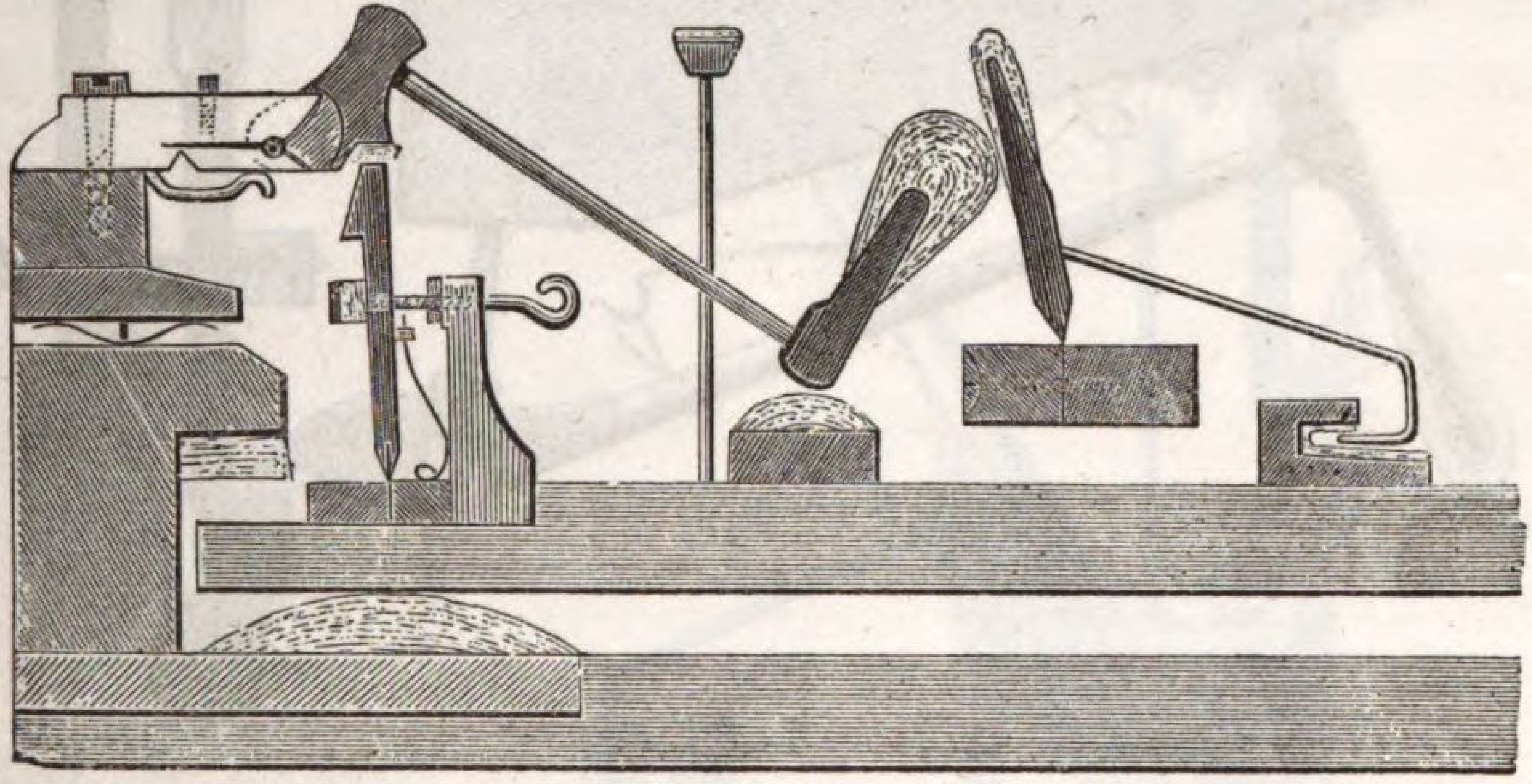
Fig. 21. Halbe nat. Gr.



Saite, oder eigentlich auf jedem einem Tone zugehörigen Saitenchore, ein Polster. Das horizontale Stäbchen, an welchem dieses Polster befestigt ist, wird bei dem Niederdrücken der Taste von dem in der obigen Abbildung der deutschen Mechanik sichtbaren senkrechten Stäbchen gehoben; die Saiten schwingen dann frei, kommen aber augenblicklich zum Schweigen, sobald der Finger die Taste verläßt. — Von allen so mannichfaltigen Veränderungen, die man an der Klangfarbe des Pianoforte's durch den Gebrauch von Pedalen hervorzubringen gesucht hat, ist der Fortezug allein übrig geblieben. Ein Hebelwerk, welches mit dem Fuße angetreten wird, hebt die ganze Dämpfung von den Saiten weg, so daß das Spiel dann durch das Fortklingen einen rauschenden, aber freilich auch weniger reinen und durchsichtigen Character annimmt. Der Pianozug, welcher früher stets mit dem Fortezug gepaart vorkam, schob einen Tuchstreifen zwischen die Saiten und Hammerköpfe, so daß der Anschlag die Saiten nicht mehr unmittelbar traf. Da der Ton bei dieser Einrichtung allen musikalischen Werth verlor, so ist man mit Recht davon abgegangen; ebenso wie ein geläuterter Geschmack viele andere vermeintliche Vervollkommnungen des Pianoforte's, den Fagottzug, welcher durch eine aufgelegte Papierrolle die Saiten schnarren ließ, den Trompetenzug und die Pauke, entfernte. Von Allem, was außer dem Fortezug dem Pedal zugemuthet worden ist, hat die an den Streicher'schen Instrumenten eingeführte Oktavenkoppelung vielleicht die meisten Ansprüche auf Bestand, da sie in der That bei Octavenläufen eine wesentliche Erleichterung des Spieles bewirkt.

Welche Sorgfalt auch bei dem Baue des Tastenwerkes angewendet sein möge, so ist es doch nicht denkbar, daß die Tasten nicht nach längerem Gebrauche kleinen Verschiebungen nach der Seite oder in Richtung ihrer Länge unterworfen sein sollten. An diesen Verrückungen, an allen Unregelmäßigkeiten eines verschieden starken Anschlags, nimmt der Hammer theil, wenn er, wie an der Stein'schen Mechanik, auf der Taste selbst befestigt ist. Darum verdient eine andere Einrichtung den Vorzng, welche, obwohl ursprünglich schon von Cristofali und Silbermann angewendet, doch erst seit 1764 in England vorzugsweise Eingang fand*) und in neuerer Zeit, unter dem Namen der englischen Mechanik von dort zurückkehrend, die unvollkommenere Stein'sche Mechanik allmälig verdrängt. Die folgende Figur stellt diese Einrichtung in der Form dar, wie sie an den mit Recht berühmten Wiener Flügeln von Streicher angewendet wird. Die Hämmer sind getrennt

Fig. 22. Ein Drittel nat. Gr.



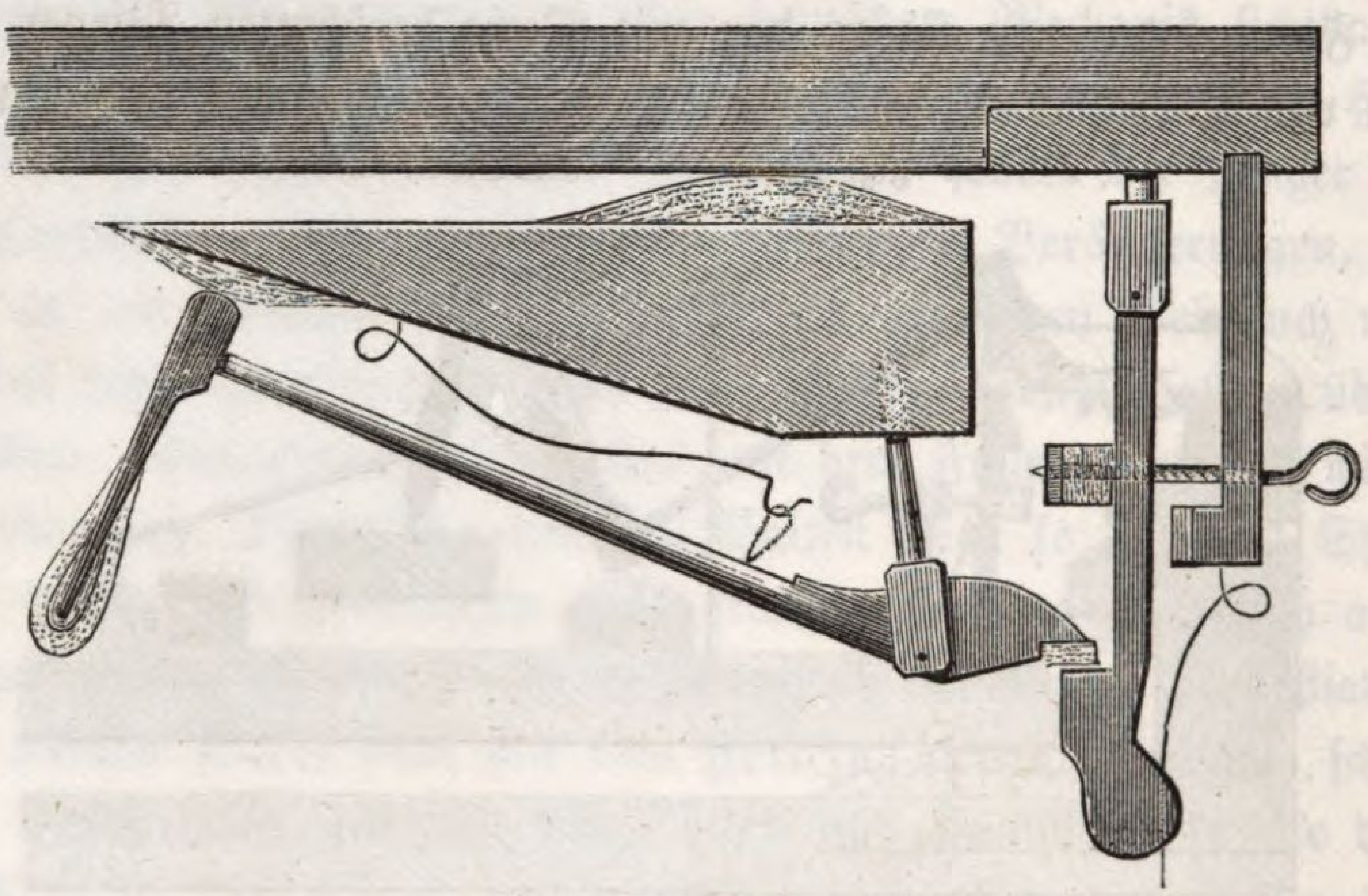
von der Taste an einer besonderen Leiste befestigt; ihr Aufgang wird durch Stoßzungen bewirkt, welche auf dem hinteren Ende der Taste angebracht, zugleich die Auslösung verrichten. Die Stoßzunge ist zu diesem Zwecke mit einem Pergamentblättchen in die Taste eingesetzt, sie wird durch eine Drahtfeder gegen ein gepolstertes Holzplättchen gedrückt, welches, seinerseits durch einen horizon-

*) Eine Theaterannonce aus dem Jahre 1767 sagt: Miss Brickler will sing a favourite song from Judith, accompanied by Mr. Dibdin on a new instrument, called Pianoforte. Fischhof, Geschichte des Clavierbaues, Wien 1853, S. 15.

talen Drahtstift gehalten, die feinsten Correctionen in der Stellung der Stoßzunge verrichtet. Uebrigens geht dieser Drahtstift frei durch eine weitere Durchbohrung der Stoßzunge, so daß diese innerhalb gegebener Grenzen sich ungehindert vor und zurückbiegen kann. Mit dem Hebelarm, mit welchem die Stoßzunge den Hammer angreift, hängt die Größe des Widerstands zusammen, welchen der Spieler beim Niederdruck der Taste empfindet.

Die folgende bildliche Darstellung enthält, wenn auch nicht eine der vollkommensten, doch eine der übersichtlichsten Einrichtungen der Mechanik für den Anschlag von Oben. Die wesentlichste Verschiedenheit derselben von den seither betrachteten Formen bietet sich auf den ersten Anblick dar. Der Hammer wird nach dem

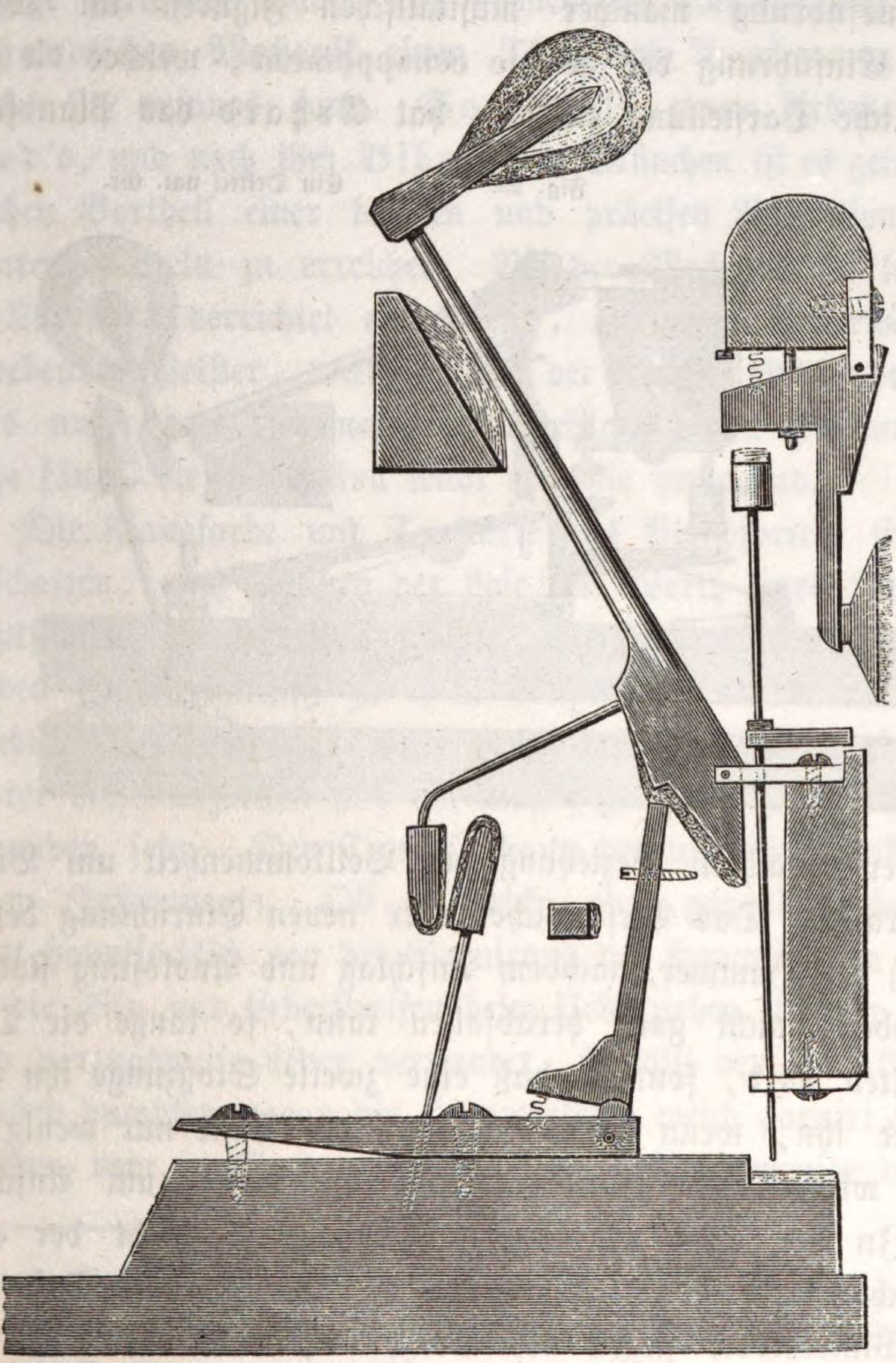
Fig. 23. Halbe nat. Gr.



Anschlage in die Ruhelage nicht durch sein eignes Gewicht, sondern durch eine Feder zurückgeführt, welche das Gewicht des Hammers dabei zu überwinden hat. Da es einerseits nothwendig ist, daß der Hammer sogleich nach dem Anschlag die Saite wieder verläßt, andererseits aber eine zu kräftige Feder das Spiel erschwert, so leuchtet ein, daß hiermit zu allen übrigen Schwierigkeiten der Mechanik eine sehr wesentliche neue hinzutritt. Diese ist auch der hauptsächliche Grund, warum der Anschlag von Oben, ungeachtet seiner akustischen Vorzüge, nur selten angewendet wird.

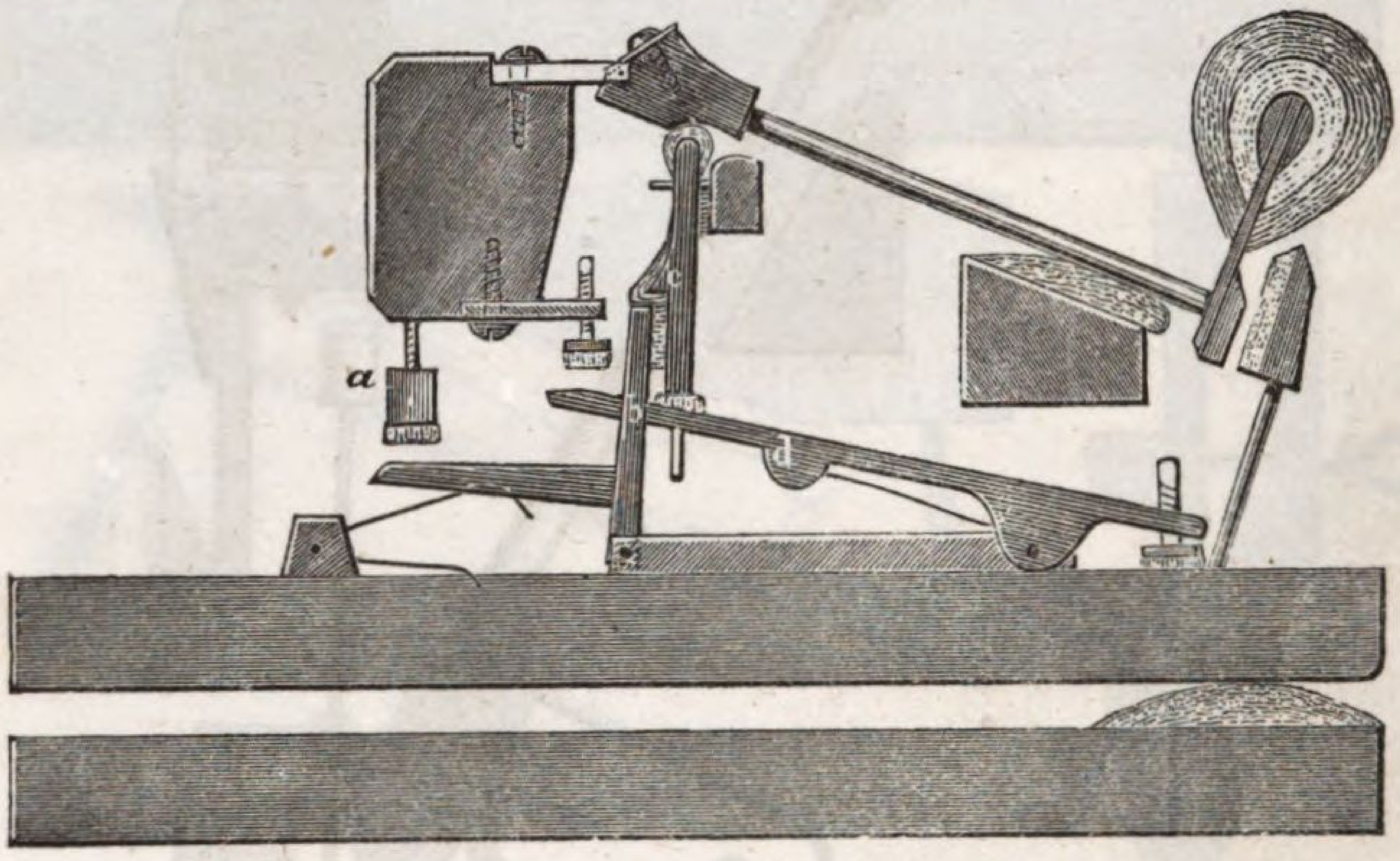
Die aufrechtstehenden Pianoforte's oder Pianino's gleichen bezüglich der Lage der Mechanik den Instrumenten, bei welchen die Saiten von Oben angeschlagen werden. Diesem Umstand ist wohl theilweise der kräftige Ton zuzuschreiben, welcher diese Instrumente von so gefälliger Form, ungeachtet ihrer Beschränkung in der Saitenlänge sowie in den resonanzgebenden Theilen auszeichnet. Die folgende Figur stellt die Mechanik eines Pianino's sammt der Dämpfung dar.

Fig. 24. Halbe natürl. Größe.



Es bleibt noch übrig, die letzte wesentliche Vervollkommnung zu beschreiben, welche Erhard im Jahre 1823 der Mechanik des Pianoforte's zufügte. Alle bisher betrachteten Einrichtungen haben das Eigenthümliche, daß nach dem Anschlage des Hammers und erfolgter Auslösung, der Angriff zu einem neuen Anschlag nur dann gewonnen werden kann, wenn der Finger die Taste verlassen hat und diese zu ihrer Ruhelage zurückgekehrt ist. Das Weitspurige, welches hierdurch in die unmittelbare Wiederholung des nämlichen Tones gelegt wird, stand einem geschmackvollen Spiel und der raschen Ausführung mancher musikalischen Figuren im Wege. Durch die Einführung des double échappement, welches die folgende bildliche Darstellung enthält, hat Erhard das Pianoforte

Fig. 25. Ein Drittel nat. Gr.



auch in der gedachten Beziehung der Vollkommenheit um Vieles näher gebracht. Das Wesentliche jener neuen Einrichtung besteht darin, daß der Hammer, nachdem Anschlag und Auslösung stattgefunden haben, nicht ganz herabfallen kann, so lange die Taste niedergehalten wird, sondern daß eine zweite Stoßzunge ihn aufnimmt und ihn, wenn der Finger auf der Taste nur wenig gelüpft und wieder niedergedrückt wird, aufs Neue zum Anschlag bringt. In der oben abgebildeten Mechanik geschieht der erste Stoß durch den senkrechten Schenkel b eines auf der Taste befestigten Winkelhebels gegen den Stößer c, und dieser trifft den Hammer. Nachdem der Winkelhebel sich durch den Aufstoß an a

ausgelöst hat, setzt sich der Hammer auf den Stößer c und dieser auf den Gegenheber d auf, bereit zu einem zweiten Anschlage.

Um die Stoßzunge immer in gleicher Höhe mit dem Träger zu halten, welcher den zurückfallenden Hammer auffängt, mußte Erhard den Zwischenhebel des Cristofali wieder einführen und auf diesen den Stößer, den Träger und Fänger setzen. Eine einzige Taste der repetirenden Mechanik besteht aus nicht weniger als 64 Theilen und hat 5 Axen, während die gewöhnliche englische Mechanik deren nur 2 zählt. Diese Complication, die davon abhängige geringere Dauer und schwierigere Ausbesserung haben der Erhard'schen Mechanik einen Theil der Anerkennung entzogen, welche sie anfangs fand. Southwell, einem Arbeiter Broadwood's, und nach ihm Biber*) in München ist es gelungen, den gleichen Vortheil einer leichten und präcisen Repetition mit einfacheren Mitteln zu erreichen. Bei der Mechanik des letztgenannten Künstlers verrichtet ein kleines, an einem Federchen elastisch schwebendes Polster, welches, auf der schiefen Fläche des Stößerkopfs unter dem Hammerstiele angebracht, den Hammer in jeder Höhe fängt, die Repetition leicht und nie versagend.

Die Klangfarbe und Tonstärke des Pianoforte's sind die Eigenschaften, nach welchen der Laie den Werth eines Instrumentes hauptsächlich zu bemessen pflegt. Wenn die Saiten stark gewählt werden im Verhältniß zu ihrer Länge, eine derbe Mechanik den Anschlag vermittelt, so wird damit selbstverständlich ein stark berippter Resonanzboden und ein massiv gebauter Instrumentenkörper verbunden sein. Der Ton ist dann der möglichst starke der englischen Instrumente. Ob er „dick“ oder gar „dumpf“ dabei ist, hängt hauptsächlich von der Garnirung der Hammerköpfe ab. Werden die Filz- und Lederstreifen beim Ueberziehen stramm angezogen, wird vorzugsweise Leder verwendet, so fällt der Ton klarer aus; er wird dumpfer, wenn die Hammerköpfe weich garnirt sind. Gegenüber dem massigen englischen Ton wird derjenige der Wiener

*) Biber erhielt auf der deutschen Industrieausstellung von 1854 zu München unter allen Pianofortefabrikanten die erste Stelle. Siehe Schafhäutl's Bericht S. 94 und 230.

Instrumente „glänzend und singend“ genannt. Ihm liegen schlankere Saiten, eine feinere Mechanik und ein beweglicherer Resonanzboden zu Grunde.

Von dem Erfinder der doppelten Auslösung rührt die letzte Vervollkommnung eines anderen Saiteninstrumentes her, welches seine Entstehung nicht wie das Fortepiano im Salon unter dem Einfluß der modernen Musik fand. Zahlreiche Abbildungen der Harfe auf den ältesten Denkmalen ägyptischer Kunst beweisen, daß sie einst bei den religiösen Ceremonieen der Priester jenes Landes gespielt wurde, die heilige Schrift meldet uns, daß sie beim Tempeldienst der Hebräer erklang. Wenn man cinnara, den Namen eines römischen Saiteninstrumentes, für gleichbedeutend nehmen darf mit Kinnor, dem Worte, welches im hebräischen Texte die Harfe David's bezeichnet, so kannte auch das alte Rom die Harfe. In völliges Dunkel aber ist die Wanderung derselben nach dem Westen und Norden Europa's gehüllt; harpa nennen die römischen Schriftsteller das Saiteninstrument, zu dessen Klängen die gallischen und deutschen Sänger die Thaten ihrer vaterländischen Helden besangen. Wir treffen die Harfe wieder in hohen Ehren stehend bei den skandinavischen und keltischen Barden, bei den Sängern Hochschottlands. Vor fast drei Jahrhunderten war die irländische Harfe von allen die vollkommenste. Ihre Saiten waren von Messing, der Tonumfang ging von C bis e_3. Das Instrument hatte „eine außer Maßen liebliche Resonanz.“ Die auf den Ruinen des ägyptischen Thebens gefundene Abbildung einer Harfe enthält 13, die in den Basreliefs des Cyrenaicums von Ptolemaïs dargestellte 15 Saiten. Abbildungen französischer Harfen aus dem 14. Jahrhundert zeigen 25, vom Ende des 18. Jahrhunderts 34 Saiten, der Umfang ging von B_{-1} bis g_3; er hat sich jetzt auf das Gebiet von F_{-1} bis d_4 erweitert, in einer diatonischen Leiter von 41 Saiten.

Von England und Frankreich nahm die Harfe vor mehren Jahrhunderten schon ihren Weg nach Deutschland, und es ist wohl kein Land der Welt, in welchem ihr Gebrauch so verbreitet ist, als in Böhmen, von wo aus viele Hunderte von reisenden Künstlern und Künstlerinnen in die umliegenden Länder wandern.

Alle wesentlichen Vervollkommnungen der Harfe ohne Ausnahme sind von deutschen Künstlern ausgegangen. Der pyramidal aufwärts gehende Körper der Harfe ist hohl, die hinteren Theile aus Ahornholz, der vordere, nach den Saiten hin liegende, aus einer Resonanzplatte von Fichtenholz gebildet. Zwischen dem mitten auf dem Resonanzboden hinlaufenden Stege und dem oben in schöner Biegung geformten Halse des Instrumentes sind die Saiten ausgespannt, mit Silberdraht umsponnene Darmsaiten für die acht tiefsten Töne, für alle übrigen freie Darmsaiten, nach der Höhe hin von abnehmender Dicke. Die vor der tiefsten Saite von dem Halse zum Fuße der Harfe herabgehende Vorderstange verleiht dem Ganzen hinreichenden Widerstand gegen den Zug der Saiten.

Damit dem Spieler alle Saiten bequem erreichbar seien, müssen sich dieselben auf einen Raum von etwa 16 Pariser Zollen zusammendrängen. Ein Umfang von 6 Octaven schließt 84 Töne in chromatischer Tonfolge ein. Sollte die Harfe diese Töne alle, wie das Fortepiano enthalten, so würde die dichte Lage der Saiten das Spiel fast unmöglich machen, auch dann, wenn man durch verschiedene Farben die Halb- und Ganztöne unterscheiden wollte, wie Pfranger dieß an seiner fünfoctavigen chromatischen Harfe gethan.

Da man sich aus diesem Grunde auf die diatonische Tonfolge der Saiten beschränkte und doch das Bedürfniß fühlte, in mehr als einer Tonart zu spielen und zu moduliren, so suchte man die erhöhten Halbtöne anfangs durch Verkürzung der Saiten mittelst Auflegen des Fingers am Halse des Instrumentes hervorzubringen. Schon gegen Ende des 17. Jahrhunderts wurden von Tyroler Künstlern am Halse besondere drehbare Scheibchen mit Haken angebracht, durch welche, wie die Figur zeigt, die nöthige Verkürzung der Saite rascher und sicherer bewirkt werden konnte. Immerhin blieb das modulirte Spiel bei diesen Mitteln schwierig und in enge Grenzen eingeschlossen, und die Harfe wurde erst im Jahre 1720 durch die Erfindung des Pedals durch Hochbrucker aus Donauwörth auf eine Stufe der Vollkommenheit erhoben, auf welcher sie den Anforderungen der neueren Tonkunst genügt.

Fig. 26.



Ein am unteren Ende des Instrumentes angebrachter Tritt wird mit dem Fuße niedergedrückt, die Bewegung pflanzt sich an einem in der Vorderstange hinaufgehenden Drahte auf einen Winkelhebel und von diesem auf eine durch den Hals des Instrumentes

sich erstreckende Schienenverbindung fort, welche dadurch nach Vorn gezogen wird. Sechs Scheibchen der oben abgebildeten Form, welche die Erhöhung der Grundtöne c der verschiedenen Octaven in cis vermitteln, sind mit der nämlichen Schienenkette verbunden; so daß der Spieler durch einen Druck mit dem Fuße jene sämmtlichen Scheibchen drehen und die Harfe aus c dur in g dur stimmen kann. Sieben Pedale, deren Mechanismus nebeneinander im Halse der Harfe Raum hat, genügen zur Modulation in alle Tonarten. Ungeachtet ihrer großen Vorzüge verbreitete sich die Pedalharfe nur allmälig, sie war 1740 in Frankreich noch unbekannt. Die letzte Vervollkommnung indessen ist, obwohl ebenfalls von einem Deutschen erdacht, von der Hauptstadt Frankreichs ausgegangen. Es ist eine Unvollkommenheit des Fortepiano's, welche ihm zu verschiedenen Zeiten nicht geringe Vorwürfe der Musiker zugezogen hat, daß eine allen Tonarten entsprechende reine Stimmung bei demselben unmöglich ist, insbesondere, daß die um eine halbe Tonstufe erhöhten Töne mit den um einen halben Ton erniedrigten der folgenden Tonstufe in Eins verschmolzen erscheinen, also daß dieselbe Taste und Saite cis und des, dis und es, e und fes, eis und f, u. s. w. anzugeben bestimmt ist.

Offenbar leidet die Harfe, deren Saiten die diatonische Tonfolge darstellen, auch nach Einführung der sieben Pedale noch an der gleichen Unvollkommenheit, wie die chromatische Skale des Claviers oder der Orgel. Erhard hat dieselbe im Jahre 1820 durch seine Harfen mit doppelter Bewegung gehoben. Jedes Pedal kann an diesen Instrumenten um zwei Stufen abwärts bewegt werden und wenn eines derselben, um eine Stufe erniedrigt und da festgestellt, dem Tone c entspricht, so giebt es auf seiner zweiten Stufe cis, während die unverkürzte Saite, bei der höchsten Stellung des Pedals, in ces gestimmt ist. Das Instrument, welches somit an harmonischer Vollkommenheit das Fortepiano übertrifft, ist schwierig zu behandeln und theuer, daher es in den Orchestern noch eine geringe Verbreitung gefunden hat und wohl nur von eigentlichen Virtuosen gebraucht wird. Als blose Begleiterin zum Gesang ist sogar die einfache Harfe ohne Pedal immer noch die verbreitetste.

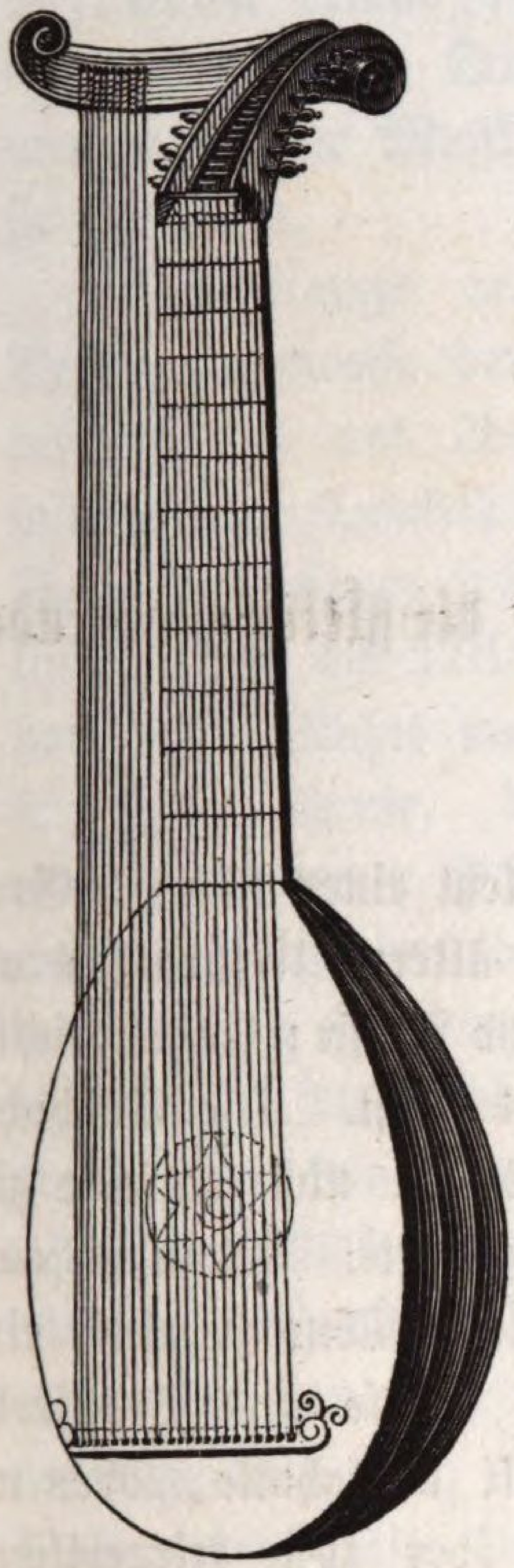
Man kann den ergreifenden Character des Harfenspieles nicht schöner bezeichnen, als dieß von einem Kenner des Instrumentes mit folgenden Worten geschehen ist: „Die Harfe vermag Alles zu sagen, was seelenvoll ist, was zum Herzen spricht, mag es in leisen Ahnungsschauern vorüberschweben, in sanften Wehmuthsklängen verhallen oder im Sturme der Leidenschaften durch die Saiten brausen; auch der leichte Scherz ist ihr nicht fremd, ob er mit Elfenschritt nahend, muthwillig necke, oder in ländlicher Lust sich rüstig tummele. Nur der strenge Satz in vierstimmiger chromatischer Bewegung und das glänzende Spiel des Salons gehört ihr nicht an.“

Die akustischen Verhältnisse der Harfe erklären ihren musikalischen Character genügend. Das schnelle Verhallen der Töne hat sie mit allen Instrumenten gemein, an welchen Darmsaiten nicht mit dem Bogen gestrichen, sondern angeschlagen oder gerissen werden. Die freie Stellung der Saiten gestattet ein reineres, von allem zischenden Beiwerk freieres Spiel, als bei der Laute oder Guitarre, bei welchen die unvollkommene Abgrenzung der Saiten auf dem Griffbrete ohnehin schon der Schönheit des Tones Eintrag thut. Die einfache Tonwelle, welche von dem Resonanzboden der Harfe ausfließt, führt, zumal wenn das Instrument im Freien oder in weiten Räumen geschlagen wird, wo kein Nachhall sich verwirrend dazwischendrängt, einen zwar schwachen und rasch dahinsterbenden, aber glockenreinen Ton zum Ohre. Nichts kann rührender sein, als der Klang mehrer vereinter Harfen, welcher durch nächtliche Stille in freier Natur zu uns dringt.

Wenn gar, wie bei der Aeolsharfe, der Wind selbst mit seinen zarten Fingern die Saiten rührt, dann scheint der Ton in leisen Akkorden erklingend, oder in flüchtigem Laufe durch mehre Octaven hinaneilend, alles Irdische abzustreifen.

Die Vervollkommnung der Harfe hat ein Instrument verdrängt, welches einst wohl das verbreitetste und beliebteste aller Saiteninstrumente war. Von der Laute sagt Prätorius, sie sei das Fundament und initium, von der man nachher auf allen anderen besaiteten Instrumenten das Seinige prästiren könne, wenn man zuvor rechtschaffen darauf gelernt und begriffen habe. Sie war freilich damals noch einfacher bezogen; die Saitenchöre häuften

Fig. 27.



sich aber immer mehr, wie die beistehende Abbildung zeigt, und in ihrer ausgebildetsten Form war sie mit 24 Darmsaiten bezogen, von welchen 11 auf dem Griffbrete für die Tonleiter und 14 daneben gespannte für die Grundakkorde bestimmt waren. Schon Matheson stellt ihr (1713) kein vortheilhaftes Zeugniß aus. „Wenn ein Lautenist 80 Jahre alt wird, bemerkt er, so hat er gewiß 60 Jahre gestimmt; dazu kommt, daß die meisten Liebhaber nicht rein zu stimmen capable sind, da fehlt es bald an den Saiten, bald an den Bünden, bald an den Wirbeln, so daß ich mir habe sagen lassen, es koste in Paris einerlei Geld, ein Pferd oder eine Laute zu unterhalten.“

Wir gehen hier auf den Bau der Laute, der Guitarre und der Cither nicht ein, da daraus vorerst keine interessanten akustischen Gesichtspunkte zu gewinnen sind.

5. Die harmonischen Verhältnisse und die gleichschwebenden Temperaturen.

Die Musik hat unter allen Künsten zuletzt einen höheren Grad der Ausbildung gewonnen und doch ist sie älteren Ursprunges als die Baukunst, die Skulptur, die Malerei und Poesie; wahrscheinlich nicht viel jünger als das Menschengeschlecht selbst. Die Geschichte ist außer Stand, ihren Ursprung nachzuweisen und dasselbe gilt bezüglich der einfachsten musikalischen Instrumente. Wenn es auch von Interesse wäre, zu wissen, wo man zuerst Töne zu einer einfachen Weise verbunden, wer zuerst eine Pfeife aus Schilfrohr schnitt und die Stimmen der Vögel damit nachahmte, oder wo der Rhythmus der Trommel zum Tanze oder zum kriegerischen Marsche einlud — und wie sich diese Künste von Familie zu Familie, von Stamm zu Stamm, von Volk zu Volk übertrugen und verbreiteten — der Forscher in diesem Gebiete würde sich unfehlbar ins Reich der Mythen verlieren. Alle Völker, welche in vergangenen Jahrtausenden Träger höherer Cultur gewesen sind, die Chinesen, die Inder, die Aegypter, die Griechen leiten ihre Musik und ihre vorzüglichsten musikalischen Instrumente von den Göttern ab, sie empfingen sie von begabteren Geistern, welche die verklärende Sage allmälig zu göttlichen Ehren emporsteigen ließ. Sereswati, die Göttin der Sprache, hatte einen Sohn Nared, dieser lehrte den Hindus die Musik und schenkte ihnen die Vina, ihr vorzüglichstes Saiteninstrument. Die Aegypter empfingen Musik und Flöte von Osiris, ihr Gott Hermes erfand die Lyra.

Den Griechen brachte Cadmos die Musik aus Aegypten zu, Minerva erfand die Flöte, Hermes die Lyra, Apollo die Cither; Linus, Orpheus und Amphion empfingen den Unterricht in der Musik unmittelbar von den Göttern, von welchen sie stammten.

Der Mangel an aller, oder doch an einer so vollkommenen Bezeichnungsweise der Töne, wie wir sie in unserer Notenschrift besitzen, hat uns über die Musik vieler Völker des Alterthums in fast völliger Dunkelheit gelassen. In Indien und China geht die Sage von einem früheren weit vollkommeneren Zustand der Tonkunst, allein die Melodieen, welche man diesen Völkern abgelauscht hat, lassen Nichts mehr erkennen, was jenen Sagen Glaubwürdigkeit geben könnte. Viele dieser Weisen ruhen auf der Grundlage unvollkommenerer Tonfolgen, als wir sie jetzt besitzen. Die chinesischen Melodieen bestehen aus den nämlichen fünf Tönen, welche den Liedern Hochschottlands den seltsam melancholischen Character verleihen. Allein hieraus darf man so wenig, wie aus dem Umstand, daß kein Volk des Alterthums, daß keines der gebildeteren asiatischen Völker, weder die Chinesen, die Inder, die Perser, die Araber, noch die Griechen und Römer Das kannten, was wir jetzt unter Harmonie verstehen, schließen, daß jenen Völkern die merkwürdige Beziehung unbekannt war, welche gewisse Töne an einfache Zahlenverhältnisse knüpft. Es besteht vielmehr eine große Kluft zwischen dem Inhalt der theoretisch musikalischen Schriften jener Nationen und Dem, was uns von ihrer practischen Musik noch erübrigt.

Stets war es die gespannte Saite, an welcher man die Eintheilung der Töne kennen lernte und auf welche sich die Darstellung des Tonsystems bezog. Das Monochord ist, wenn man in jener Toneintheilung den Beginn der akustischen Forschung erblicken will, einer der ältesten physikalischen Apparate. Die zwölf Lu (Tonarten) der Chinesen sind nach dem Quintencirkel aufgebaut, verrathen also nicht nur die Kenntniß der innigen Verwandtschaft zwischen Grundton und Quinte, sondern auch des nahen Zusammentreffens der zwölften Quinte mit einer höheren Octave des Grundtons, von welchem man ausgegangen war. Die Anordnung

der griechischen Tonarten hat zwar eine solche harmonische Grundlage nicht, aber ihre wissenschaftliche Feststellung an und für sich schon, die Unterscheidung des diatonischen, chromatischen und enharmonischen Fortgangs der Töne, die Eintheilung in ganze, halbe und Viertels-Töne, welche seit Pythagoras, also seit dem sechsten Jahrhundert vor Christi Geburt, bereits gegeben war, die Bekanntschaft mit den vorzüglichsten Consonanzen beweisen eine Vertrautheit mit der Handhabung des Monochords und mit der Anwendung der Rechnung in der Musik, welche gegen die Seltenheit exacter Bestimmungen in natürlichen Verhältnissen, wie sie sonst dem Alterthum eigen ist, auffallend contrastirt. Die Hinneigung der Pythagoräischen Schule zur Zahlenmystik und die Lostrennung abstracter arithmetisch-musikalischer Speculationen von der practischen Musik konnte den Widerspruch rechtfertigen, welchen Aristoxenus und seine Anhänger gegen solche mathematische Begründung der Musiklehre erhoben, indem sie dem musikalischen Gehör das alleinige Entscheidungsrecht über Das, was musikalisch richtig und schön sei, zusprachen.

Uebrigens blieb das Monochord stets in Anerkennung; es überlebte die griechische und römische Welt und wurde von den Lehrern der christlichen Musik zur Feststellung der Kirchentonarten und als Hülfsmittel ihrer Einübung für die Gesangschüler verwendet. Indem man ihm zur Erleichterung dieses letzteren Zweckes Tasten gab, welche das Eintheilen und Anschlagen der Saite zugleich verrichteten, wurde es im Laufe des elften Jahrhunderts der Ausgangspunkt für den Bau des Clavichords.

Ein anderes Tasteninstrument, die Orgel, obwohl aus der vorchristlichen Zeit stammend, wurde schon nach den ersten Jahrhunderten zur Führung des Gesanges in den christlichen Kirchendienst eingeführt und die Schriftsteller des neunten Jahrhunderts machen bereits genaue Angaben über die Mensur der Pfeifen, welche sich nicht etwa ausschließlich auf die Eintheilung der Töne am Monochord, sondern offenbar auf selbständige Untersuchung der Pfeifen gründeten.

So viel man indessen von solchen Bestimmungen, sowie von den Betrachtungen halten mag, welche die Schriften des Aristo-

teles über einige Fragen des Schalles enthalten, und endlich von Dem, was Vitruv über die Verbreitung des Schalles gesagt hat, man muß gestehen, daß das eigentliche Wesen des Tones nicht erforscht, die Bedingungen der Tonhöhe und Tonstärke nicht bekannt, daß die Geschwindigkeit der Verbreitung des Schalles nicht gemessen und somit eine Einsicht in den eigentlichen Hergang der Tonerzeugung in den musikalischen Instrumenten unmöglich war. Erst gegen das Ende des 16. und mit dem Anfang des 17. Jahrhunderts begann die Lösung dieser Probleme.

Gassendi und Mersenne brachten den Vorschlag Baco's für die Messung der Schallgeschwindigkeit zur Ausführung. Sie erkannten, in welcher Weise der Schall an Mauern oder Bergwänden zurückgeworfen wird und wie das Echo entsteht. Guerike zeigte mit der 1650 von ihm erfundenen Luftpumpe, daß der Schall im luftleeren Raume erstirbt. Mersenne machte in dem ersten Buche seiner harmonia universalis genauere Untersuchungen über die Schwingungen der Saiten bekannt und stellte zuerst unzweifelhaft fest, daß die Tonhöhe durch die in der Zeiteinheit vollendete Anzahl der Schwingungen bedingt ist. Einer gleich sorgfältigen Untersuchung wurden die Schwingungen der Luft in den Orgelpfeifen von Sauveur (1701) unterzogen; er wußte die absolute Zahl dieser Schwingungen in einer gegebenen Zeit zu messen; er erkannte, daß die Entstehung der harmonischen Obertöne, der Octave, Quinte u. s. f., welche der aufmerksame Beobachter neben dem Grundton einer Pfeife erklingen hört, auf der Bildung für sich schwingender Unterabtheilungen beruht. Mit den wenigen hier genannten Untersuchungen und Entdeckungen beginnt die eigentlich physikalische Erforschung der Schallgesetze. Gegen Ende des 17. Jahrhunderts unternahm man es, die allgemeinen Gesetze der Bewegung, deren Erkenntniß seit der Mitte des genannten Jahrhunderts einen festen Boden erhalten hatte, auf die Erscheinungen des Schalles anzuwenden. Die Wahrheiten der Akustik gewannen durch die mathematische Behandlung eine strengere Form und durch die Nachweisung ihres Zusammenhanges größere Festigkeit.

Diese wenigen Thatsachen zeigen, wie jung die Wissenschaft der Akustik noch ist; ein Alter von kaum dreihundert Jahren! An

ihrer Wiege stand die Kunst der neueren Musik schon in vollster Blüthe in den Compositionen Palästrina's für die Kirche, Monteverdi's und Scarlatti's für die Oper. Auch der Bau der Streichinstrumente erreichte gerade in jener Zeit die höchste Vollkommenheit.

Es ist natürlich, daß die Musik der jüngeren Akustik ihre Sprache lieh, d. h. daß die Bezeichnungsweise der Töne und ihres Verhältnisses zu einander in der Akustik so angenommen wurde, wie sie in der Musik lange schon gebräuchlich war. Wir müßten schon darum also den Leser mit den Grundzügen der musikalischen Terminologie und Technik vertraut machen, auch wenn wir nicht in der Verbindung mit der Musik und in der Anwendung auf den noch wenig enträthselten Bau musikalischer Instrumente einen Hauptreiz für das Studium der Schallgesetze erblickten.

Der Ton, welcher zur Behauptung einer festen Stimmung der Orchester in der Stimmgabel fixirt ist, wird durch 440 Schwingungen in der Secunde hervorgebracht. Da die Schwingungszahl den einzig wesentlichen Character der Tonhöhe ausmacht, so würde die Angabe dieser Zahl für alle akustischen Betrachtungen die einfachste und zugleich präciseste Bezeichnungsweise eines Tones sein. Natürlich hat die Musik andere Mittel der Bestimmung gewählt zu einer Zeit, wo man die Schwingungszahlen nicht kannte. Wir haben früher den Ton von 8 Schwingungen in der Secunde als den tiefsten, den von 37500 als den höchsten der noch vernehmbaren Töne bezeichnet. Diese Grenzen sind keine absolut feste, insofern sie, durch ungleiche Organisation bei verschiedenen Individuen sowohl, als durch Uebung des Gehörs kleinen Schwankungen unterliegen. An der unteren Grenze macht sich durch das Continuum des Tones der Eindruck der einzelnen Wellenschläge noch geltend, daher ein rauher, schnurrender Klang selbst noch bei den Tönen von 16,5 bis 33 Schwingungen, welche die tiefste, auf keinem anderen Instrumente als der Orgel gebräuchliche Octave im Bereiche der musikalischen Töne ausmachen. Der Normalton der Stimmgabel von 440 Schwingungen liegt nur wenig über der Mitte dieses Bereichs und dasselbe endigt bei manchen hochgehenden Instrumenten mit 3520, auf der Orgel mit dem Tone von 4224

Schwingungen. Schon die letzte Octave dieser Töne, also zwischen 2112 und 4224 Schwingungen, trägt den Character einer unangenehmen Schärfe. In den etwas mehr als drei Octaven, welche noch über jene Grenze hinaus hörbar sind, steigert sich dieser Eindruck zum Widrigen und Unerträglichen. Beschränken wir unsere Betrachtungen zunächst auf das Tongebiet zwischen 16,5 und 4224 Schwingungen, ein Gebiet von 8 Octaven, so ist die Anzahl der Töne zwischen jenen Grenzen eben so unbeschränkt, wie die Menge der Zahlen, welche zwischen 16,5 und 4224 denkbar ist. Die Feinheit des Gehörs indessen ist, wie die Kraft aller unserer Sinne, keineswegs unbegrenzt in der Erfassung der Höhenunterschiede. Auch das geübteste musikalische Gehör wird zwei Töne, den einen von 4223, den anderen von 4224 Schwingungen, nicht mehr zu unterscheiden vermögen. Nur durch Uebung und größte Aufmerksamkeit gelingt es, noch Differenzen von dem fünfhundertsten Theil einer Octave zu erfassen. Einer Octave könnte man hiernach also 500 verschiedene Töne geben und das Pianoforte, welches zwischen den Grenzen von 27,5 und von 3520 Schwingungen gerade sieben Octaven umfaßt, würde demnach 3500 verschiedene Töne enthalten können. Ein Blick auf die Claviatur dieses Instrumentes lehrt aber, daß es in jeder Octave nur 12, im Ganzen nur 84 Töne enthält; die acht Octaven der Orgel enthalten in Uebereinstimmung hiermit nur $8 . 12 = 96$ Töne, genau dieselben Töne finden sich, wenn auch nicht in gleichem Umfang nach der Höhe und Tiefe, auf allen festgestimmten Saiten, auf allen Blasinstrumenten und selbst auf den Schlaginstrumenten wieder, welche zu gemeinschaftlichen musikalischen Aufführungen gebraucht werden.

Nicht überall und zu allen Zeiten ist die Anzahl der so ausgewählten Töne, noch weniger ist ihre gegenseitige Lage stets genau die nämliche gewesen. In den ägyptischen und arabischen Melodieen findet man heutzutage noch Uebergänge durch weit kleinere Stufen, als sie in der abendländischen Musik gebräuchlich sind, ja selbst einzelne Instrumente jener Völker sind nach jenen kleineren Intervallen gestimmt. Noch nicht anderthalb Jahrhunderte sind es, seitdem man sich der Gründe für die jetzt gebräuchliche Tonabtheilung bewußt geworden ist; bis auf den heutigen

Tag sind die unvermeidlichen Unvollkommenheiten derselben Gegenstand häufig wiederkehrenden Widerspruchs und Vorwurfs gewesen. Allein die Theorie hat in dieser Beziehung alles Dunkel verscheucht, man kennt jetzt die großen Vorzüge unseres heutigen Systems, man sieht den Weg klar vor Augen liegen, welcher zu einem noch vollkommeneren führt, aber eben so klar erkennt man die neuen practischen Schwierigkeiten, welchen man bei Annahme eines solchen Tongebäudes unvermeidlich in um so höherem Grade begegnen muß, je vollkommener dasselbe an sich den Anforderungen musikalischer Reinheit genügen soll.

Den Leser, welcher nicht als unbedingter Anhänger des Aristoxenus eine Scheu vor jeder Anwendung der Rechnung in der Musik hat, hoffen wir ohne erhebliche Schwierigkeiten in das Verständniß der angedeuteten Resultate einzuführen.

Wir denken uns auf einem Resonanzboden zwei nebeneinander aufgezogene Saiten vollkommen gleich gestimmt, an der zweiten Saite einen Steg verschiebbar, welcher das tönende Stück derselben nach Belieben zu verkürzen gestattet, ohne dabei ihre Spannung zu ändern. Verkürzt man allmälig, indem man bei jeder neuen Stellung des Steges beide Saiten zusammen erklingen läßt, so nimmt man die mannichfaltigsten Abwechslungen bezüglich des Wohlklangs wahr. Bald ist der Zusammenklang beider Saiten ein widriger, bald macht, nach nur wenig veränderter Stellung des Steges, der Zweiklang in einem ruhigen ebenmäßigen Abfluß den angenehmsten Eindruck auf das Ohr. Endlich trifft man bei Verkürzung der zweiten Saite Stellen, wo ihr Ton, obgleich höher, doch eine äußerst nahe Verwandtschaft mit dem Tone der unverkürzten Saite verräth. Es ist dieß dann der Fall, wenn die Länge der zweiten Saite auf die Hälfte, ein Viertel, ein Achtel u. s. w. der anfänglichen Länge herabgegangen ist, wenn ihre Schwingungszahlen also auf das Doppelte, Vierfache, Achtfache u. s. w. derjenigen angewachsen ist, welche dem gleichzeitig erklingenden Tone der unverkürzten Saite zukommt. Der Abstand eines Tones bis zu dem von der doppelten Schwingungszahl, von den Griechen Diapason genannt, führt in der heutigen Musik den Namen der Octave. Geht man von dem tiefsten in der Musik gebräuchlichen

Tone aus, so sieht man, daß alle Töne bis zum höchsten hin in acht Octavenabschnitte zerfallen, indem die folgenden Schwingungszahlen die Grenzen bezeichnen und also den Grundtönen der Octaven entsprechen:

16,5—33—66—132—264—528—1056—2112—4224
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. Octave.

Was diese Eintheilungsweise noch mehr rechtfertigt und die Abschnitte als wirklich natürliche Tonperioden erscheinen läßt, ist der Umstand, daß in jedem dieser Abschnitte die nämliche Tonfolge sich wiederholt, oder, daß mit einem Grundtone die nämliche Folge schlecht und gutklingender Zweiklänge in jeder höheren Octave zu finden ist, wie sie von dem Grundtone bis zu seiner nächsten Octave auftrat. So ähnlich klingt ein Ton mit seiner Octave, daß nicht selten selbst geübte Musiker, wenn sie auch den musikalischen Abstand zweier Töne im Uebrigen scharf anzugeben wissen, zweifelhaft bleiben, ob sie einen dieser Töne eine Octave höher oder tiefer zu suchen haben. Darum verträgt auch das Intervall der Octave nicht die mindeste Abweichung von der Reinheit und man kann sich an einem gut gestimmten Claviere oder einer Orgel ebensowohl von der nahen Verwandtschaft eines Grundtones mit seiner Octave, Doppeloctave u. s. f. überzeugen, als an einem richtig eingetheilten Monochord. Nicht ganz ebenso verhält es sich mit den übrigen Zweiklängen.

Ehe wir diesen unsere Aufmerksamkeit zuwenden, richten wir unseren Blick nochmals auf die obige Zahlenreihe, welche die Schwingungszahlen der Grundtöne sämmtlicher in der Musik gebräuchlichen Octaven enthält. Die zweite der folgenden Reihen enthält die Unterschiede je zweier aufeinander folgenden Schwingungszahlen:

16,5—33—66—132—264—528—1056—2112—4224
16,5 33 66 132 264 528 1056 2112

Wie man sogleich bemerkt, entscheidet das Gehör für die Wiederkehr eines Octavenabschnittes nicht nach gleichen Unterschieden in den Schwingungszahlen; diese Unterschiede wachsen vielmehr nach den höheren Tönen hin und es ist ausschließlich das Verhältniß der Schwingungszahlen vom Einfachen zum Doppelten, welches

den Character der Octave ausmacht. Wo es bei theoretischen Betrachtungen nur auf das Verhältniß der Schwingungszahlen, nicht auf deren absolute Größe ankommt, nimmt man häufig die Schwingungszahl des tieferen Tones zur Einheit an. Geschieht dieß in obiger Reihe, so verwandelt sich dieselbe in folgende:

1 2 4 8 16 32 64 128 256

Es ist dieß eine aus den Potenzen der Zahl 2 gebildete Reihe, welche sich daher auch in folgender Weise schreiben läßt:

$2^0 \quad 2^1 \quad 2^2 \quad 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \quad 2^6 \quad 2^7 \quad 2^8$

Die Exponenten dieser Potenzen, also die Zahlen 0, 1, 2, 3, . . . welche die Mathematiker die Logarithmen der Zahlen 1, 2, 4, 8,... für die Grundzahl 2 nennen, schmiegen sich dem Urtheil des musikalischen Gehörs insofern vollkommen an, als sie da gleiche Zahlenunterschiede geben, wo das Gehör gleiche musikalische Abstände mißt. Von 0 bis 1, von 1 bis 2, von 2 bis 3 u. s. w. mißt das Gehör jedesmal eine Octave. Die Töne zwischen 16,5 und 33, oder, nach der einfacheren Bezeichnungsweise zwischen 1 und 2, werden, wenn man ihr Verhältniß zum Grundton oder ihren musikalischen Abstand von demselben, anstatt durch das Verhältniß der Schwingungszahlen selbst, durch ihre Logarithmen bezeichnet, offenbar Werthe zwischen 0 und 1, also Bruchwerthe, als characteristische Bezeichnung erhalten.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung dieser Töne. Keiner derselben giebt mit dem Grundtone einen schöneren, dem Ohre wohlgefälligeren Zweiklang, als derjenige, welchen man durch Verkürzung der Saite auf zwei Drittel der anfänglichen Länge erhält. Dieser Ton, dessen Schwingungszahl sich zu derjenigen des Grundtones wie 3 : 2 verhält, von den Griechen Diapente genannt, heißt jetzt Quinte. Zu dem Grundton von 16,5 gehört die Quinte von 24,75 Schwingungen, zu dem Grundton von 33, die Quinte von 49,5, zu dem Grundton von 66 die Quinte von 99 Schwingungen. Für den Grundton 1 ist die Quinte $\frac{3}{2} = 1,5$; der Logarithme dieser Zahl für die Grundzahl 2 aber ist: 0,585. Da die Mitte der ersten Octave logarithmisch durch 0,5 bezeichnet ist, so sieht man, daß der musikalische Abstand der Quinte von dem Grundton etwas mehr als die Hälfte der Octave beträgt.

Eine in dieser Weise fortgesetzte Untersuchung führt zu dem Ergebniß, daß die Schönheit der Zweiklänge, welche sich aus irgend einem Tone der ersten Octave und dem Grundtone bilden lassen, in gleichem Maße abnimmt, als die Zahlen wachsen, durch welche das Verhältniß der Schwingungen beider Töne sich am Einfachsten ausdrücken läßt. Diese Zweiklänge ordnen sich hiernach in folgende Reihe:

Verhältniß der Saitenlängen	Verhältniß der Schwingungszahlen	Name des Intervalls	Logarithmen der Schwingungszahlen	
1 : 1	1 : 1	Einklang	0,000	0
2 : 1	1 : 2	Octave	1,000	1000
3 : 2	1 : $\frac{3}{2}$	Quinte	0,585	585
4 : 3	1 : $\frac{4}{3}$	Quarte	0,415	415
5 : 4	1 : $\frac{5}{4}$	Große Terz	0,322	322
6 : 5	1 : $\frac{6}{5}$	Kleine Terz	0,263	263
5 : 3	1 : $\frac{5}{3}$	Sexte	0,737	737
8 : 5	1 : $\frac{8}{5}$	Kleine Sexte	0,678	678
9 : 8	1 : $\frac{9}{8}$	Secunde	0,170	170
15 : 8	1 : $\frac{15}{8}$	Septime	0,907	907
7 : 4	1 : $\frac{7}{4}$	Kleinste Septime	0,807	807

Die Logarithmen, welche, wie schon angeführt, ein Maß des musikalischen Abstandes der betreffenden Töne vom Grundton sind, erscheinen in der obigen Uebersicht in zweierlei Weise, einmal so, daß der Octavenabstand zu 1, zum andernmal so, daß dieser Abstand gleich 1000 angenommen ist. Diese letztere Ausdrucksweise hat den Vorzug, daß für die kleineren Intervalle die Bruchzeichen wegfallen, und wir werden sie deßwegen fortan ausschließlich gebrauchen. In Beziehung auf den angenommenen Grundton hat alsdann die zweite oder Doppeloctave den Abstand 2000, die dritte Octave den Abstand 3000; der Abstand einer Octave und Quinte vom Grundton hat das Maß 1585, der Abstand zweier Octaven und einer Quarte das Maß 2415. Doch darf man nicht übersehen, daß diese Zahlen zwar sehr genäherte, aber keineswegs vollkommen richtige Maße der musikalischen Abstände sind, da die Decimalstellen von höherer Ordnung als der dritten vernachlässigt wurden.

Eine Grenze anzugeben, bei welcher die dem Ohre wohlgefälligen Zweiklänge oder *Consonanzen* aufhören und die widrigen, das Ohr unangenehm berührenden Zweiklänge oder *Dissonanzen* beginnen, ist eben so wenig möglich, als zu sagen, ob ein

Zahlenverhältniß noch als ein einfaches gelten könne oder nicht. Die Griechen betrachteten nur die Octave, die Quinte und Quarte als Consonanzen. Einer der ersten Lehrer auf dem Gebiete unserer heutigen Musik, Franco von Köln, hat im dreizehnten Jahrhundert bereits eine Eintheilung versucht, welche sich unter dem folgenden Schema darstellt:

Consonanzen				Dissonanzen		
Vollkommene	Mittlere	Unvollkommene		Unvollkommene		Vollkommene
Einklang	Quinte	Große	Terz	Kleine	Sexte	Secunde.
Octave	Quarte	Kleine		Große		Septime.

Die Quinte ergänzt die Quarte gerade zu einer Octave, da 585 + 415 = 1000 ist. Ebenso wird die große Terz von der kleinen Sexte, die kleine Terz von der großen Sexte zu einer Octave ergänzt. Man nennt darum auch wohl die Quarte die Umkehrung der Quinte, große und kleine Terz die Umkehrungen der kleinen und großen Sexte. Die beiden Sexten werden heutzutage noch unter die Consonanzen gerechnet und an der Stelle von Franco's Eintheilung ist vielmehr die folgende anerkannt:

Consonanzen		Dissonanzen	
Vollkommene	Unvollkommene	Unvollkommene	Vollkommene
Octave	Große u. kleine Terz	Große Secunde	Alle übrigen
Quinte	Große u. kleine Sexte	Kleine Septime	Intervalle.
Quarte.			

Wie dem aber sein möge, in dem Satze, daß wohlgefälliges Zusammenklingen mit einfachem Verhältniß der Schwingungszahlen Hand in Hand geht, bleibt für alle Zeiten ein Grundgesetz der Musik ausgesprochen, ein Gesetz, welches man im Alterthum zwar schon kannte, aber ohne es in seiner ganzen Bedeutung zu erfassen und ohne die Fruchtbarkeit zu ahnen, welche es während der letzten acht Jahrhunderte in der Kunst des harmonischen Satzes in so bewundernswürdiger Weise entfaltet hat. Die Geschichte der Entwicklung der Musik lehrt zwar, daß das Genie der Componisten, welche neue Eroberungen auf dem Felde der Harmonik machten, nicht durch eine mathematische Theorie geleitet war; und es ist einleuchtend, daß ihre Kenntniß so wenig den Componisten machen kann, wie Grammatik und Metrik den Dichter, wie der Canon des Polyklet den Bildhauer; die Geschichte lehrt aber auch, daß

irrige Meinungen im Gebiete der Musik geherrscht haben, daß man in den ersten Zeiten nur nach mannichfachen Schwankungen und Widersprüchen sich über die einfachsten Grundsätze der Harmonik einigte, daß im Gegentheil heutiges Tages durch die Aufklärung, welche die Theorie gegeben, eine nicht mehr zu trübende Ordnung in unser Tonsystem durch Einführung der gleichschwebenden Temperatur gebracht worden ist. Nur Unwissenheit und angeborener Widerwille gegen jede klare Einsicht mögen geringschätzig denken von dem Zusammenhange arithmetischer Bestimmungen mit psychologischen Eindrücken, welcher der Musik eine besondere Bedeutung für eine zukünftige Erforschung der Seelenthätigkeit, für eine dereinstige positive Psychologie verleihen muß. Dem Spanier Eximeno, welcher als moderner Aristoxenus gegen Ende des 18. Jahrhunderts in einer besonderen Schrift darzuthun sich bestrebte, „daß die Musik keinen Zusammenhang mit der Mathematik hat" schlossen sich, außer dem unvermeidlichen Drieberg, Krieger und Stehlin an. Schwer ist es zu begreifen, daß ein Musiker von so hoher Bildung, wie Kiesewetter, einem gleichen Irrthum sich hingeben konnte.*) Es ist wahr, daß die mathematische Theorie sich nur erst der einfachsten Grundlagen des Tonsystems und der Harmonik bemächtigt hat, daß sie noch nicht gleiche Einsicht in das Wesen der zusammengesetzteren Akkorde gewährt und über die Güte einer Auflösung dissonirender Klänge, über die Zulässigkeit einer Modulation zu entscheiden noch keineswegs befähigt ist. Der empirisch gebildete Kunstgeschmack und das feine Gehör sind in diesen Gebieten noch eben so gut alleinige Richter, wie bei dem Bau musikalischer Instrumente. Wenn von der Akustik das Problem der Tonhöhe, die einfache Stimmung der musikalischen Instrumente noch nicht überall gelöst ist, so wird diese Wissenschaft

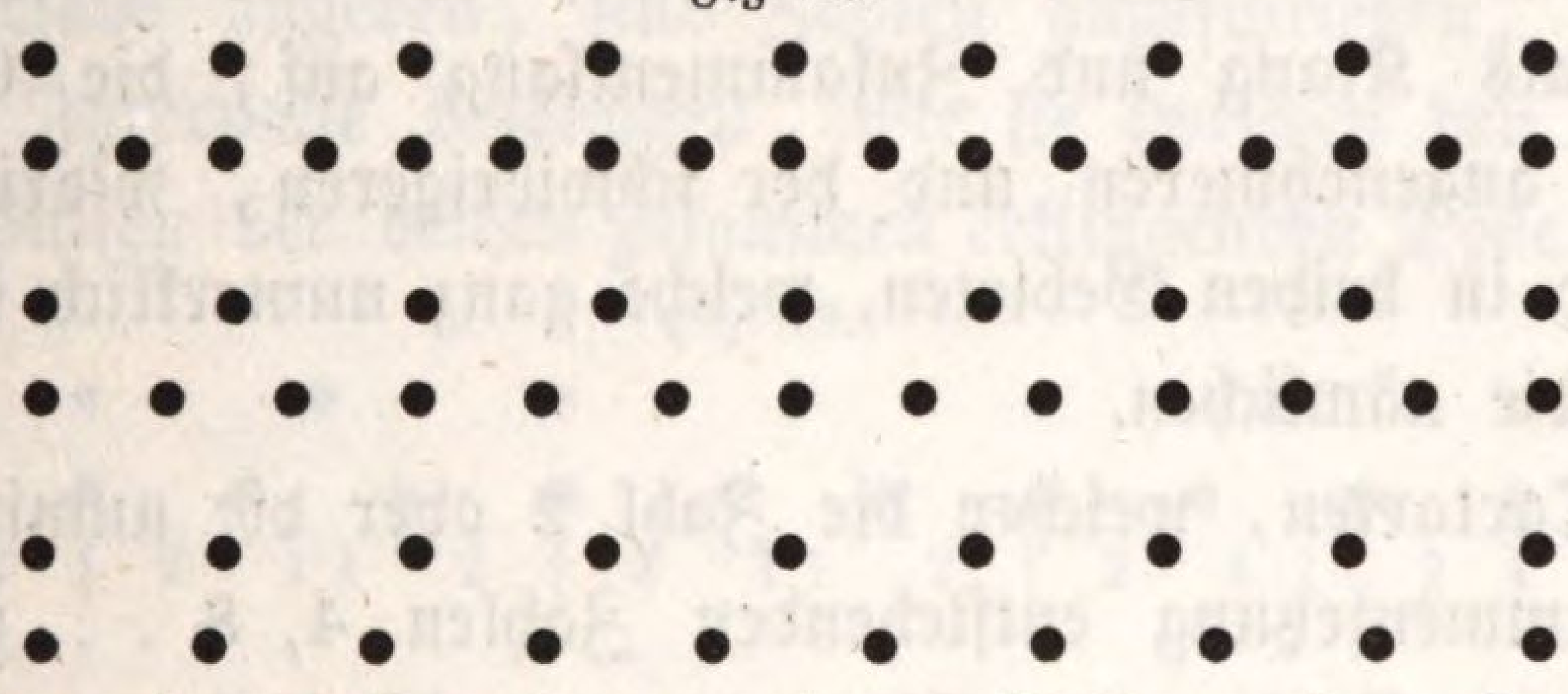
*) Die genannten Musiker haben ihren Widerspruch meist durch sehr unvollkommene Messungen an Saiten und Pfeifen zu begründen versucht, welchen sie zudem noch eine mißverstandene Auslegung gaben. Was würden sie sagen, wenn man ein Orchester mit Professoren der Physik, gleichgültig ob musikalisch oder nicht, besetzen und nach dem Erfolg der Ausführung den musikalischen Werth einer Beethoven'schen Symphonie beurtheilen wollte? Mancher physikalische Apparat ist schwieriger zu spielen, als eine Trompete oder Baßgeige

noch weniger im Stande sein, zu zeigen, welches die physischen Bedingungen der verschiedenen Klangarten sind; worin es liegt, daß **Berlioz** der Oboe einen ländlichen Character voll Zärtlichkeit und Schüchternheit, dem Horne Schwermuth, der Posaune Adel und Hoheit, der Trompete Kraft und Glanz zusprechen konnte. Der Mathematiker und Physiker, welcher mit Erfolg in die Theorie der Tonkunst weiter eindringen will, wird der Führung des feinen Kunstgeschmackes, welcher ihm so lange schon und so weit voranging, gerne folgen, ungleich jenen „dürren Zahlenmännern und blosen Akustikern", welche **Schilling** in seiner Aesthetik der Tonkunst geißelt, weil sie den „psychischen" Character der Instrumente läugnen. Die physikalische Lösung der angedeuteten Probleme wird immer schließlich auf durchaus materielle Ursachen zurückführen, sie wird eine sehr nüchterne sein, verglichen mit den überschwänglich poetischen Ergießungen, in welchen sich viele Schriftsteller über Character der Tonarten, der Tongeschlechter, sowie der musikalischen Instrumente ausgelassen, aber auch einander vielfach widersprochen haben.

Möge uns ein Versuch gestattet sein, den psychologischen Grund jenes merkwürdigen Gesetzes, wonach die Consonanz von der Einfachheit des Verhältnisses der Schwingungszahlen abhängig ist, dem Verständniß des Lesers näher zu führen. Es kann dieß kaum besser geschehen, als mit den folgenden Worten eines unserer größten Denker: „Der Genuß der Musik ist eigentlich nur eine unbewußt verlaufende arithmetische Thätigkeit des Geistes; denn es irren Diejenigen sehr, welche glauben, Alles was in der Seele vorgehe, müsse nothwendig auch zum Bewußtsein kommen. Obgleich also die Seele nur unbewußt die Zahlen erfaßt, empfindet sie dennoch die aus dieser Beschäftigung hervorgehende Wirkung, angenehm bei den Consonanzen, unangenehm bei den Dissonanzen." Da die Schwingungszahl durchaus die einzige Bedingung der Tonhöhe ist, so leuchtet ein, daß das Auffassen des Höhenverhältnisses zweier gleichzeitig erklingenden Töne unmöglich auf einer anderen Thätigkeit beruhen kann, als auf einem, wenn auch unbewußten Erfassen des Verhältnisses der Schwingungszahlen. Die Leichtigkeit, womit dieser Act bei einfachen Verhältnissen verläuft, bedingt,

so ist man genöthigt weiter zu schließen, das Angenehme des psychischen Eindrucks. Denken wir uns einen Beobachter in die Lage versetzt, gleichzeitig die Schwingungen zweier vor seinen Augen oscillirenden Pendel zählen zu müssen. Mit Befriedigung wird derselbe wahrnehmen, daß ein einfaches Verhältniß zwischen den Schwingungszeiten beider Pendel besteht, daß das eine zwei Schwingungen vollendet, während das andere eine macht, oder daß drei Schwingungen des ersten auf zwei Schwingungen des zweiten gehen. Wie wesentlich wird durch ein solches Verhältniß das gleichzeitige Erfassen beider Schwingungszahlen erleichtert, wie peinigend dagegen müßte jene Aufgabe sein, wenn das Verhältniß beider Schwingungszahlen ein weniger einfaches wäre, wenn 15 Schwingungen des ersten Pendels auf 8 oder auf 16 Schwingungen des zweiten gingen. Unser Beispiel ist mehr als eine blose Analogie. Die tönenden Körper sind in der That schwingende Pendel, sie bewegen sich absolut nach denselben Gesetzen, der Gehörnerv schätzt die Tonhöhe nach der Häufigkeit der Schwingungen; diese verlaufen aber zu rasch, als daß der Geist Zeit fände, sich Rechenschaft über seine eigne Thätigkeit zu geben, oder die gefundenen Schwingungsmengen im Bewußtsein zu registriren. Beim Ueberschauen der folgenden Reihen gewahrt man sogleich, daß in dem

Fig. 28.



ersten System ein Intervall der oberen Reihe auf zwei der unteren, daß in dem zweiten System zwei Intervalle der oberen Reihe auf drei der unteren kommen. Es bedarf dagegen längere Aufmerksamkeit, um zu ermitteln, daß in dem dritten System acht Intervalle der oberen Reihe auf neun der unteren gehen. Es bilden aber die Verhältnisse 1 : 2 und 2 : 3 die besten Consonanzen; 8 : 9, oder die Secunde, gehört dagegen unbestritten zu den Dissonanzen.

Man verstößt nicht im Mindesten gegen die Natur der Sache, wenn man den Eindruck der Wellenschläge, welche einen Ton formiren, oder welche zwei oder mehren gleichzeitig erklingenden Tönen angehören, also jedenfalls mit einer Geschwindigkeit verlaufen, welche sie dem Gebiet des Zählbaren entrückt, wenn man diesen Eindruck an Wellenschlägen langsameren Tempo's, die noch ins Gebiet des Zählbaren fallen, nachzuweisen und zu verstehen sucht. Der Leser erinnert sich noch des Beispiels der Tonerzeugung, welches wir in dem ersten Capitel anführten. Ein rotirender Stab verursacht bei jedem Durchgange durch eine enge Spalte einen Knall, und diese einzelnen Schläge verweben sich bei steigender Drehungsgeschwindigkeit zu einem zusammenhängenden Ton, dessen Höhe nicht durch die Tonstufe des einzelnen Knalles, sondern durch die Anzahl der Wiederholungen in einer Secunde bedingt ist. Gerade dann, wenn der continuirliche Eindruck beginnt, hört die Zählbarkeit der gesonderten Eindrücke auf, das Niveau des Tones schwillt an, bis es endlich die letzten Spuren der einzelnen Wellengipfel zudeckt. Allein jene Grenze, an welcher die Elementarpulse beginnen gesondert empfunden zu werden, kann durch Verstärkung derselben, selbst durch gesteigerte Aufmerksamkeit und durch Uebung des Beobachters hinausgeschoben werden. Was in dem einen Gebiete als Zeitmaß, Tact und Rhythmus erscheint, tritt im Bereiche des Unzählbaren als Klang und Zusammenklang auf; die Gesetze der leichteren, angenehmeren und der schwierigeren, widrigeren Auffassung sind in beiden Gebieten, welche ganz unmerklich in einander verlaufen, die nämlichen.

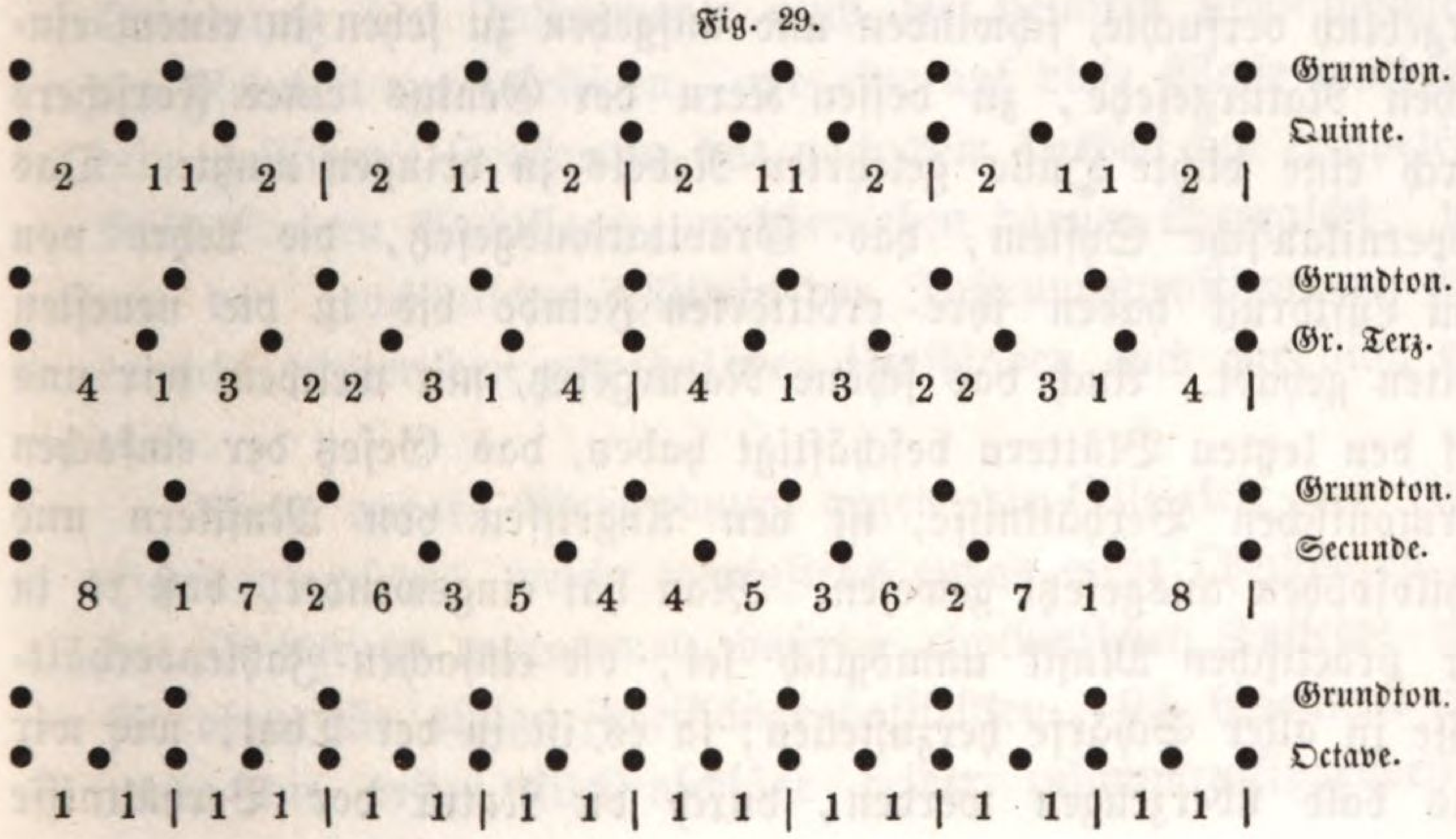
Die Tactarten, welchen die Zahl 2 oder die unmittelbar aus ihrer Zusammensetzung entstehenden Zahlen 4, 8 . . zu Grunde liegen, tragen offenbar den Character des Einfachen und Ruhigen; die dreitheiligen Tactarten sind lebendigerer Art; die fünftheiligen sind schwieriger zu übersehen und wirken darum aufregend, bei den siebentheiligen sind die Schwierigkeiten bis zum Störenden gewachsen, und Tactarten von noch höherer Ordnung, wie 11, 13 oder 17theilige erscheinen als völlig unbrauchbar, da sie den Zweck des Tactes, dem Geiste Ruhe und Anhaltspunkte zur erleichterten Erfassung der Musik zu bieten, gar nicht mehr erfüllen. Vergleichen wir

hiermit die Wirkung derselben Verhältnisse im Gebiete des Unzählbaren, im Tongebiete. Die Schwingungsverhältnisse aller anerkannten Consonanzen, der Octave, Quinte, Quarte, der Terzen und Sexten sind aus den Zahlen 2, 3 und 5 zusammengesetzt; und schon den complicirteren Verbindungen aus diesen Zahlen $\frac{6}{5}$ und $\frac{8}{5}$ klebt der Character der unvollkommeneren Consonanz an, bei noch höheren Verbindungen $\frac{9}{8}$ und $\frac{15}{8}$ ist die Dissonanz ausgesprochen.

Ueber die Einführung der Zahl 7 in unser Tonsystem ist schon gestritten worden und obgleich die auf ihr beruhenden Zusammenklänge das Bürgerrecht nicht erlangt haben, so ist es doch wahrscheinlich, daß die große Bedeutung, welche die kleine Septime in unsern Harmoniegeweben erlangt hat, auf die Annäherung ihres Schwingungsverhältnisses an die noch ziemlich einfache Combination $\frac{7}{4}$ sich gründet. Chladni behauptet, der reine Ton $\frac{7}{4}$ werde im Volksgesang nicht selten gebraucht, ja selbst die Töne $\frac{11}{8}$ und $\frac{13}{8}$ will er in schwäbischen Volksweisen gehört haben. Dem in künstlerischer Anerkennung stehenden musikalischen Gebiete sind diese Töne aber entschieden fremd.

Unter den folgenden Punktsystemen, welche die Wellenschläge des Grundtones und der Quinte, des Grundtones und der großen Terz, des Grundtones und der Secunde, endlich des Grundtones und der Octave angeben, sind Zahlen angeschrieben, welche die Größe der Intervalle bezeichnen, wie sie zwischen den ineinander greifenden Pulsen der beiden zusammen erklingenden Töne verfließen.

Fig. 29.



Die Periode des Quintenzweiklangs ist nur viergliedrig, sie wurde in 6 gleiche Zeittheile zerlegt angenommen, die achtgliedrige Periode der großen Terz ist in 20, die sechszehngliedrige Periode der Secunde ist in 72 gleiche Zeittheile eingetheilt und die unter den Punktreihen stehenden Ziffern geben an, wie viel solcher Zeittheile jedes Intervall zwischen zwei zunächst sich folgenden Wellenschlägen enthält. Wie einfach oder einförmig gestaltet sich diese Abtheilung bei der Octave! Je einfacher in ihrer inneren Eintheilung und von je weniger Gliedern diese rhythmischen Perioden sind, desto gefälliger ist der Zusammenklang der beiden Wellensysteme dem Ohr. Diese rhythmischen Perioden bilden die Elementarbestandtheile des Accords, wie die einzelnen Wellenschläge die des Tones.

Die Wirkung aufeinander folgender Eindrücke stellt sich in den verwandten Gebieten des Tactes und Tones in folgender Weise übersichtlich dar:

Ursache	Wirkung im Tactgebiete	Wirkung im Tongebiete
Unregelmäßige Eindrücke	Ohne Bedeutung	Geräusch
Isochrone einfache Eindr.	Zeitmaß	Einfacher Ton
Rhythmische Systeme	Musikalischer Tact und Versmaß	Consonanz oder Dissonanz.

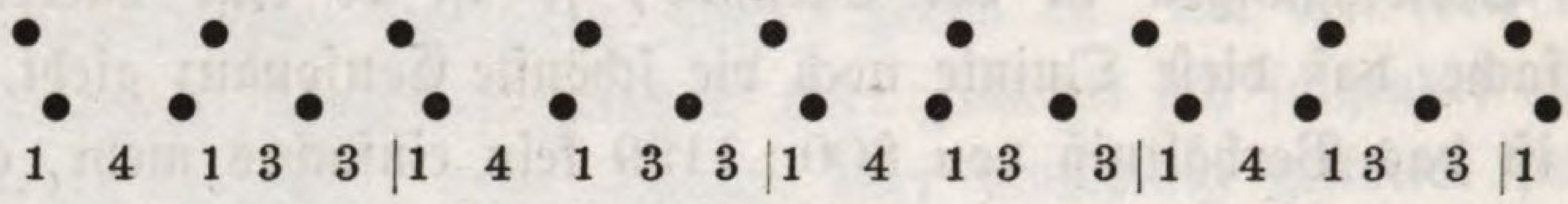
Es giebt und gab zu allen Zeiten eine gewisse Klasse geistiger Organisationen, welchen das Einfache widerstrebt, welche es mit Trauer erfüllt, Schwierigkeiten, an deren Classificirung sich ihre Gelehrsamkeit bewährte, an deren Aufwickelung ihr Scharfsinn sich vergeblich versuchte, schwinden und aufgehen zu sehen in einem einfachen Naturgesetze, zu dessen Kern der Genius eines Forschers durch eine dichte Hülle gelehrten Nebels zu dringen wußte. Das Kopernikan'sche System, das Gravitationsgesetz, die Lehre von dem Luftdruck haben ihre erbitterten Feinde bis in die neuesten Zeiten gehabt. Auch das schöne Naturgesetz, mit welchem wir uns auf den letzten Blättern beschäftigt haben, das Gesetz der einfachen harmonischen Verhältnisse, ist den Angriffen von Musikern und Philosophen ausgesetzt gewesen. Man hat eingewendet, daß es in der practischen Musik unmöglich sei, die einfachen Zahlenverhältnisse in aller Schärfe herzustellen; ja es ist in der That, wie wir uns bald überzeugen werden, durch die Natur der Verhältnisse

geboten, von der Reinheit mancher Intervalle etwas zu opfern, und doch erfreut man sich an der Orgel, am Clavier des Wohlklangs der Consonanzen. Gesetzt, man habe zu einem Grundtone von 800 Schwingungen anstatt der Quinte von 1200, eine Quinte von 1199 Schwingungen in der Secunde, so ist es eine anerkannte Thatsache, daß diese Quinte noch die schönste Consonanz giebt, und doch ist das Verhältniß von 800 : 1199 kein einfaches mehr, es ist viel weniger einfach, als etwa das von 800 : 1500, das der großen Septime; und doch dissonirt diese letztere entschieden. Für uns ist diese Thatsache ein Beweis, daß dem Ohre in der Feinheit der Tonschätzung, welcher Ausbildung es auch in dieser Beziehung fähig sein möge, dennoch gewisse Grenzen gesteckt sind, so daß eben ein Unterschied, wie er zwischen den Zahlen 1199 und 1200 besteht, nicht unangenehm empfunden wird, weil er der Wahrnehmung ganz entgeht. Wenn wir die Figur 28 nochmals ins Auge fassen, so erkennen wir sogleich, daß es die Absicht des Künstlers war, gewisse Punkte der beiden Reihen eines Systems gerade untereinander zu setzen. Dennoch, wenn wir die mathematischen Mittelpunkte dieser schwarzen Flecken sehen, wenn wir ihre Abstände mehre tausendmal vergrößert vergleichen könnten, würden wir ohne Zweifel Mängel entdecken. So wie wir die Sache aber nun einmal sehen, scheinen die Punkte untereinander zu stehen, die Figur hat die beabsichtigte Wirkung und dieß genügt. Wir werden übrigens in der Folge ein indirectes Mittel kennen lernen, bei der Stimmung der Instrumente auch die kleinsten Abweichungen von der Reinheit zu beseitigen, und eine auf diese Weise mathematisch rein gestimmte Consonanz hat nach dem Urtheil der competentesten Richter einen Wohlklang, welcher eben darum überrascht, weil er mit den gewöhnlichen Mitteln der Instrumentenstimmung niemals erreicht, unter den gewöhnlichen Umständen auch gar nicht erstrebt wird.

Eine andere Einwendung gegen die Giltigkeit des einfachen Harmoniegesetzes, welche wenigstens etwas mehr scheinbaren Grund hat, ist daraus entnommen, daß die rhythmischen Systeme, wie wir sie oben für einige Zweiklänge aufstellten, sich bedeutend ändern, wenn die ersten Wellenschläge beider zusammenklingenden Töne

nicht gerade scharf zusammenfallend angenommen werden; und man muß eine solche Verschiebung zugeben, da sie bei der practischen Ausführung gar nicht zu vermeiden sein wird. Lassen wir z. B., wie in folgendem Schema, den Anfang der Quinte gegen den des

Fig. 30.



Grundtones um den sechsten Theil von dessen Welleninterval sich verschieben, so ist die rhythmische Periode in 12 gleiche Theile zu theilen, sie ist im Innern weniger einfach geordnet, als es unter den Verhältnissen der Figur 28 der Fall war; allein diese rhythmische Periode ist darum nicht länger geworden; sie wiederholt sich rascher und ist darum leichter zu erfassen als diejenige der Terz oder jedes andern Intervalls von höheren Verhältnißzahlen unter den günstigsten Umständen sein kann.

Eine kleine Abweichung von der absoluten Reinheit äußert nothwendig ihren Einfluß auf die Beschaffenheit der rhythmischen Perioden. Dieselben ändern sich unausgesetzt durch die kleine Verschiebung, welche vermöge jener Abweichung die eine Wellenreihe gegen die andere erfährt. Aber die Aenderung ist eine so allmälige, daß die Perioden auf große Strecken hin die größte Aehnlichkeit beibehalten und das Ohr durch die leisen Aenderungen hingeführt wird, ohne dieselben störend zu empfinden. Je länger eine rhythmische Periode an sich, je unvollkommener also die Consonanz ist, welcher sie angehört, desto weniger wird eine solche allmälige Aenderung dem Ohre auffällig sein. Es ist ein anerkanntes musikalisches Factum, daß eine Consonanz um so mehr Abweichung von der Reinheit verträgt, je unvollkommener sie an sich ist. Bei der Octave ist auch die geringste Abweichung völlig unstatthaft.

Wie das Dreieck in der Geometrie, so ist der harmonische Dreiklang in der musikalischen Architectonik als Grundelement zu betrachten. Wenn ein consonirender Dreiklang über einem Grundton aufgebaut werden soll, so können, da jeder der drei Töne mit jedem der beiden anderen eine Consonanz bilden muß, begreiflicher Weise nur die bereits bekannten, im Zweiklang consonirenden Töne verwendet werden:

Grundton	Kleine Terz	Große Terz	Quarte	Quinte	Kleine Sexte	Große Sexte.
1	$\frac{6}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{5}{3}$

Die beiden Töne, welche außer dem Grundton in den Dreiklang eingehen, dürfen keinen kleineren Abstand unter sich haben als eine kleine Terz, da jedes kleinere Intervall unter die dissonirenden fällt. Es lassen sich unter diesen Bedingungen nicht mehr, als die sechs folgenden consonirenden Verbindungen bilden:

I.

Grundton		Große Terz		Quinte	Großer Dreiklang oder Duraccord.
4	:	5	:	6	
Grundton		Kleine Terz		Kleine Sexte	Dursextaccord.
5	:	6	:	8	
Grundton		Quarte		Große Sexte	Durquartsextaccord.
3	:	4	:	5	

II.

Grundton		Kleine Terz		Quinte	Kleiner Dreiklang oder Mollaccord.
10	:	12	:	15	
Grundton		Große Terz		Große Sexte	Mollsextaccord.
12	:	15	:	20	
Grundton		Quarte		Kleine Sexte	Mollquartsextaccord.
15	:	20	:	24	

Da die Versetzung eines Tones um eine Octave abwärts oder aufwärts, wegen der innigen Verwandtschaft der Octaven, nicht als eine wesentliche harmonische Aenderung betrachtet werden kann, so ergiebt sich demnach die nahe Verwandtschaft der drei Accorde der ersten Gruppe. Wenn man den obersten Ton des zweiten Accords um eine Octave herunter, den untersten Ton des dritten Accords um eine Octave hinaufsetzt, so nehmen sie beide das Schwingungsverhältniß 4 : 5 : 6 des ersten Accords an. Verfährt man ganz analog mit dem zweiten und dritten Accord der anderen Gruppe, so kommt ihr Schwingungsverhältniß auf dasjenige des ersten Accordes dieser Gruppe, nämlich 10 : 12 : 15 zurück. Diese beiden Accorde nun:

Duraccord	Mollaccord
4 : 5 : 6	10 : 12 : 15

bilden die harmonische Grundlage der beiden in unserer heutigen Musik unterschiedenen Tongeschlechter. So lange man Harmonieverbindungen kennt, gehörten diese nothwendig einem jener Geschlechter an; allein erst seit dem Beginne des 18. Jahrhunderts

hat die Theorie diese Eintheilung offen anerkannt und principiell begründet. Nichts kann übrigens weniger gerechtfertigt sein, als die Namen des harten und weichen Dreiklangs, welche man diesen Accorden giebt. Die größere Einfachheit der dem ersteren Dreiklang zu Grunde liegenden Schwingungsverhältnisse beweist es von Vornherein und das unbefangene Ohr bestätigt es, daß die Durharmonieen vollkommener, daß sie reiner sind, als die Mollharmonieen, so gewiß, als die große Terz eine vollkommenere reinere Consonanz mit dem Grundton giebt, als die kleine Terz. Es widerspricht diese Folgerung keineswegs dem Gebrauche, welcher von diesen beiden Klassen von Harmonieverbindungen gemacht wird, insofern die Durharmonieen vorzugsweise zum Ausdrucke kräftiger, entschieden ausgesprochener und freudiger Empfindungen, die Mollharmonieen dagegen zum Ausdruck der innerlich verhaltenen Empfindungen der Trauer und des Schmerzes verwendet werden.

Jedem der beiden Tongeschlechter kommt eine gewisse Tonfolge vom Grundton bis zur Octave, eine Tonleiter zu, welche diejenigen Töne enthält, die in den auf dem angenommenen Grundton basirten Harmonieverbindungen des Tongeschlechtes verwendbar sind. Die dritte Stufe, im einen Fall die große, im andern Falle die kleine Terz, ist es, welche das Tongeschlecht kennzeichnet.

Durtonleiter

Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
0	170	322	415	585	737	907	1000

Molltonleiter

Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$(\frac{9}{5})$ $\frac{15}{8}$	2
0	170	263	415	585	678	(848) 907	1000

Aus diesen Tonleitern erklären sich die Namen, welche wir seither für die darin vorkommenden Intervalle gebraucht haben, von selbst, indem diese nichts Anderes bedeuten, als zweite, dritte, vierte bis achte Stufe, vom Grundtone aus gerechnet. Aus den beigesetzten Schwingungsverhältnissen aber ersieht man, daß dieselben sämmtlich aus den einfachen Zahlen 2, 3 und 5 gebildet sind, daß dagegen die Zahl 7, sowie noch höhere Primzahlen 11, 13 . .

ausgeschlossen sind. Man darf darum mit Recht diese Tonfolgen, weil sie ausschließlich aus solchen Tönen bestehen, welche nach dem Gesetz des Zweiklangs nahe verwandt sind, natürliche Tonleitern nennen, und man darf mehr als einen Zufall darin finden, wenn man gewahrt, daß beinahe allerwärts und zu allen Zeiten, wo die Musik sich über die ersten rohen Anfänge erhob, jene Tonfolgen, oder doch sehr nahe verwandte, sich herausbildeten.

Wiederholen wir von der Octave ab dieselbe Folge von Tönen bis zu den Grenzen des musikalischen Tonsystems, so erhalten wir für das Durtongeschlecht von dem Tone von 16,5 bis zu dem von 4224 Schwingungen also innerhalb 8 Octaven 7 . 8 oder 56 Töne. Es sind diejenigen, welche auf dem Pianoforte durch die Untertasten angeschlagen werden und dieses Instrument enthält in seinen sieben Octaven deren 7 . 7 = 49. Wenn man der Durtonleiter noch die Secunde der Octave, in Beziehung auf den Grundton auch die None genannt, zusetzt, also

Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave	None
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{9}{4}$

so sieht man, daß nicht nur über dem Grundton, sondern auch über den beiden diesem verwandtesten Tönen, der Quinte und Quarte, der große Dreiklang aufgebaut werden kann. Es stehen $1 : \frac{5}{4} : \frac{3}{2}$ in dem nämlichen Verhältniß, wie $\frac{3}{2} : \frac{15}{8} : \frac{9}{4}$ und $\frac{4}{3} : \frac{5}{3} : 2$. Wenn man für die Molltonleiter die nämliche Anforderung stellt, so muß die große Septime in die kleine Septime, die große Sexte in die kleine Sexte übergehen. Die Componisten geben jedoch nur die letztere Verwandlung zu und behalten die große Septime bei aus einem Grunde, auf welchen wir bei Betrachtung der Vierklänge zurückkommen. Dem Umstande, daß man beim Spielen der Molltonleiter, um die ungewöhnlich große Stufe von der kleinen Sexte zur großen Septime zu vermeiden, beim Aufwärtsgehen die große Sexte und große Septime, beim Abwärtsgehen die kleine Septime und kleine Sexte anwendet, haben wir keine weitere Aufmerksamkeit zu schenken, da diese willkürlichen Operationen für den Organismus der Mollharmonieen ohne alle Bedeutung sind.

Das Tonsystem der Griechen umfaßte wenig mehr als zwei Octaven. Da die Instrumentalmusik bei diesem Volke fast ausschließlich eine dienende Begleiterin des Gesanges und der getragenen Rede war, da man nur im Einklang begleitete und Frauen in Gesang und Musik sich selten hören ließen, so kann es nicht befremden, nur diejenigen Töne im griechischen Tonsystem wiederzufinden, welche der Lage der Männerstimme entsprechen, die Töne zwischen 110 und 495 Schwingungen.

Es hat für unsere Aufgabe kein Interesse, die verwickelte Art der griechischen Tonbezeichnung durch Buchstaben zu erörtern. Schon vor dem neunten Jahrhundert, vielleicht schon vor Gregor dem Großen, wurde die Bezeichnung dadurch vereinfacht, daß nur die sieben ersten Buchstaben des Alphabets für die sieben Stufen der Tonleiter angewendet und für die beiden weiter noch gebräuchlichen Octaven in folgender Weise wiederholt wurden:

110	123,3	132	148,5	165	176	198	220	247,5	264	297	330	352	396	440	495	528
A	B	C	D	E	F	G	a	b	c	d	e	f	g	aa	bb	cc

Baß Tenor Alt.

Die von A oder von B aus gerechneten Tonleitern schreiten durch kleine Terzen fort. Als man die Wichtigkeit der Durtonleiter zu erkennen begann, wurde es gebräuchlich, von den Grundtönen C, c, cc . . auszugehen, und sie als Octavengrenzen zu betrachten. Heutzutage werden die Töne

16,5 33 66 132 264 528 1056 2112 4224

sämmtlich c genannt. Sie umschließen acht Octaven. Die Anlehnung an die in der griechischen Musik gebräuchlichen und in der Saitenstimmung der Lyra fixirten Tetrachorde führte zu dem Bedürfnisse, zwischen a und b noch einen Ton einzuschalten, als reine Quarte von F, wie dieses reine Quarte von C ist. Die Bezeichnung b wurde auf diesen neuen Ton übertragen, so daß die Töne

C D E F G a b

zwei in einander gefügte Tetrachorde darstellten.

Die ihres Namens beraubte Septime wurde dafür mit dem Buchstaben h entschädigt, so daß in der heutigen sogenannten

diatonischen Tonleiter die Ordnung des Alphabets aufgehoben ist. — Es ist eines der zahlreichen musikalischen Verdienste, welche die Geschichte, sei es mit Recht oder Unrecht, dem im 11. Jahrhundert thätigen Gesangsreformator Guido von Arezzo zugeschrieben hat, daß er die bei der Gesangsübung wenig wohlklingenden Namen c d e f g a h durch die wohltönenderen ut re mi fa sol la si ersetzt habe. Diese Sylben bilden den Anfang der Verse einer Hymne, welche die Gesangschüler des 11. Jahrhunderts zu Ohren ihres Schutzpatrons, des heiligen Johannes, zu bringen suchten, wenn sie in der Lage waren, um Befreiung von Heiserkeit bitten zu müssen.

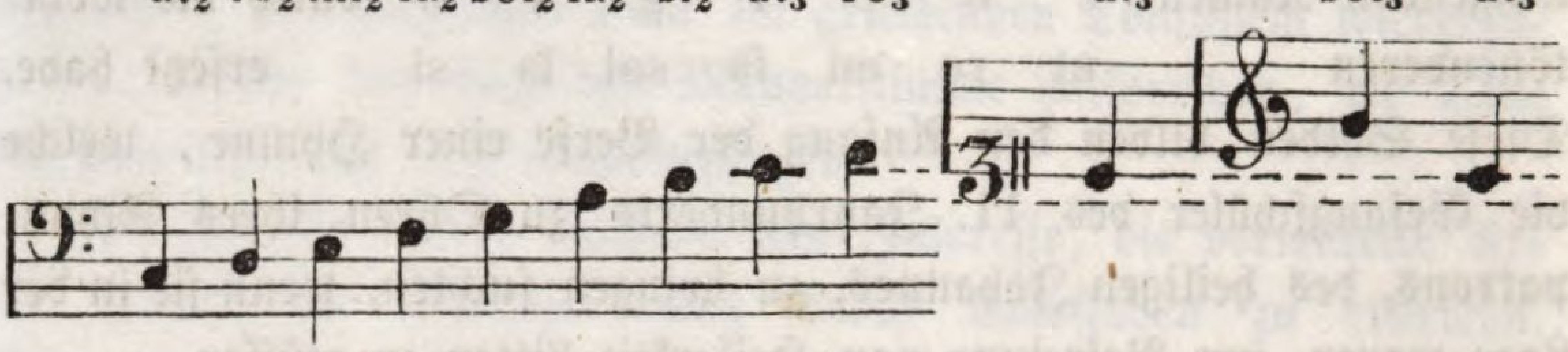
Ut queant laxis *re*sonare fibris
*Mi*ra gestorum *fa*muli tuorum
*So*lve polluti *la*bii reatum
Sancte *J*ohannes.

Die Guidonische Bezeichnung ist noch heutzutage bei den romanischen Völker die allein gebräuchliche.

Seit dem 10. Jahrhundert sind mannichfache Versuche gemacht worden, die Töne und ihre gegenseitige Lage auf eine kürzere und übersichtlichere Weise zu bezeichnen, als durch Buchstaben. Quadratische, kreisförmige Figuren oder auch Punkte wurden gewählt und durch die auf- und abwärts verschobene Lage derselben der musikalische Abstand der durch sie bezeichneten Töne ausgedrückt. Schon vor Guido's Zeit bediente man sich zur mehren Deutlichkeit einer, zweier, oder mehrer Linien, an deren vorderem Ende durch Buchstaben der Ton angegeben war, welchen das auf eine solche Linie gesetzte Notenzeichen bedeuten sollte. Von manchen musikalischen Schriftstellern und Componisten wurden die Systeme bis auf 12 Linien erweitert und diese Schreibart hat sich für Instrumentalmusik, namentlich für das Clavier, theilweise bis ins 17. Jahrhundert erhalten. Erst mit der im Jahre 1502 von Ottavio Petrucci gemachten Erfindung des Notendrucks mit beweglichen Lettern gewann die Notenschrift mehr Zierlichkeit; es verschwanden die unförmlichen, bis zu zwei Zoll hohen Noten aus den Sammlungen der Kirchenmelodieen. Jetzt ist man daran gewöhnt, mit fünf Notenlinien auszureichen, indem man die weiter

hinaus liegenden Linien nur durch kurze Striche durch den Hals und den Kopf der Noten andeutet und durch gewisse Symbole, sogenannte Schlüssel, den auf gewissen Linien stehenden Noten eine andere Stellung im Tonsystem anweist.

ut_2 re_2 mi_2 fa_2 sol_2 la_2 si_2 ut_3 re_3 ut_3 sol_3 ut_3



c d e f g a h c_1 d_1 c_1 g_1 c_1

Bei Anwendung des vorstehenden, sogenannten Baß oder F-schlüssels, welcher der Note auf der vierten Linie die Bedeutung des f von 176 Schwingungen giebt, steht das c von 132 Schwingungen zwischen der zweiten und dritten Linie, die Octave von 264 Schwingungen hat einen Strich durch den Kopf der Note. Es wird dieses c in der Musik das eingestrichene genannt und mit c_1 bezeichnet, die ganze Octave, dessen Grundton es ist, heißt die eingestrichene Octave. Zur leichteren Uebersicht findet der Leser hier die Bezeichnung der Grundtöne sämmtlicher in der Musik gebräuchlichen Octaven, sowohl nach der in Deutschland, als nach der in Frankreich üblichen Weise:

		Deutsche Bezeichnung	Schwingungszahlen	Wellenlängen bei 17° C.	Französische Bezeichnung	Bezeichn. in dieser Schrift
				Par. Fuß		
Doppeltes Contra	C	$\underline{\underline{C}}$	16,5	64	ut_{-2}	C_{-2}
Contra	C	$\underline{C}$	33	32	ut_{-1}	C_{-1}
Großes	C	C	66	16	ut_1	C
Kleines	C	c	132	8	ut_2	c
Eingestrichenes	C	$\bar{c}$	264	4	ut_3	c_1
Zweigestrichenes	C	$\bar{\bar{c}}$	528	2	ut_4	c_2
Dreigestrichenes	C	$\bar{\bar{\bar{c}}}$	1056	1	ut_5	c_3
				Par. Zoll		
Viergestrichenes	C	$\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}$	2112	6	ut_6	c_4
Fünfgestrichenes	C	$\bar{\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}}$	4224	3	ut_7	c_5

Die Bedeutung der beiden anderen oben verzeichneten Schlüssel, des G- oder Violinschlüssels, und des C- oder Discantschlüssels, erläutert sich nach dem Vorausgegangenen von selbst.

Wären die Völker, welche im Alterthum und im Mittelalter Träger der Cultur gewesen sind, wären die Inder, Aegypter, Chinesen, Griechen, Römer, Perser und Araber im Besitz einer Notenschrift gewesen, welche sich der heutzutage üblichen nur einigermaßen vergleichen könnte, so würde die Geschichte der Musik jener Nationen einen reicheren materiellen Stoff darbieten, die Geschichte der griechischen Musik würde etwas mehr sein, als ein Gewirr sich widersprechender Ansichten und Hypothesen, welche allein aus den Werken der Theoretiker geschöpft sind und noch nicht einmal dahin geführt haben, die Beschaffenheit der griechischen Tonleitern unzweideutig festzustellen.

Betrachten wir zunächst die dem Dur- und Molltongeschlecht zu Grunde liegenden Scalen bezüglich der in denselben vorkommenden musikalischen Intervalle:

Durtonleiter.

	Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave
Schwingungsverhältniß	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
Intervalle	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	
Logarithmen	170	152	93	170	152	170	93	

Molltonleiter.

	Grundton	Secunde	Terz	Quarte	Quinte	Sexte	Septime	Octave
Schwingungsverhältniß	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{15}{8}$	2
Intervalle	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{75}{64}$	$\frac{16}{15}$	
Logarithmen	170	93	152	170	93	229	93	

Außer dem großen Intervall zwischen Sexte und Septime der Molltonleiter begegnet man in beiden Scalen nur drei verschiedenen Intervallen, welche sammt dem Abstand $\frac{25}{24}$, welcher zwischen der kleinen und großen Terz besteht, mit folgenden Namen bezeichnet sind:

	Intervalle	Logarithmen
Großer ganzer Ton	$\frac{9}{8}$	170
Kleiner ganzer Ton	$\frac{10}{9}$	152
Großer halber Ton	$\frac{16}{15}$	93
Kleiner halber Ton	$\frac{25}{24}$	59

Die Musikwissenschaft ist, namentlich in der Darstellung der älteren Theoretiker, reich an der Aufstellung noch vieler kleinerer Intervalle, deren Kenntniß jedoch bei der großen Einfachheit, welche die Theorie unseres Tonsystems angenommen hat, überflüssig geworden ist. Es genüge zu bemerken, daß der Unterschied eines großen und kleinen halben Tones 93 — 59 = 34 Diesis, der Unterschied eines großen und eines kleinen ganzen Tones 170 — 152 = 18 ein großes Komma, jedes kleinere Intervall aber Komma genannt wird.

Zur Beurtheilung der musikalischen Bedeutung dieser Intervalle können wir ganz im Geiste des Aristoxenus nur das Gehör, nicht unser eignes, sondern das feingebildete musikalische Gehör, als Richter anerkennen. Dasselbe urtheilt etwa so*): „Eine Abweichung von 2 (nach der logarithmischen Zählweise, also $\frac{2}{1000}$ Octave) ist nur mit größter Aufmerksamkeit und bei Abwesenheit jeder anderen Störung des Gehörs zu erkennen; deutlicher aber schon eine Abweichung von 3 bis 4. Eine Abweichung 6 wird zwar bei gehöriger Stille sogleich fühlbar, verliert sich aber beim Mitklingen anderer harmonirender Töne und ist bei einer mittleren Consonanz nur dem geübten Gehöre erkennbar. Eine Abweichung 12 ist im Einklang und der Octave störend, wird auch noch an den mittleren Consonanzen, Terzen und Sexten, im vollen Accorde empfunden, besonders wenn ein anderes Instrument oder Singstimmen dieselbe Consonanz rein angeben. Nur bei unvollkommenen Dissonanzen ist die Abweichung eines ganzen Komma zuläßig. Im Allgemeinen wird man $\frac{1}{3}$ Komma oder 6 als die höchste zuläßige Abweichung betrachten, da, wenn alle Instrumente dieselbe zugleich geben, die Reinheit des Spiels fast gar nicht leidet, andernfalls aber der Fehler sich im Zusammenklange beinahe völlig verliert, da das Ohr weder Zeit noch Ruhe hat, den geringen Unterschied zu empfinden. Für das Pianoforte allein würde 12 bei den unvollkommenen Consonanzen, 18 bei den unvollkommenen Dissonanzen noch zuläßig erscheinen, dagegen im Zusammenspiel mit anderen rein stimmenden Instrumenten diejenige Stumpfheit geben, welche sich bei einem

*) Opelt's Allgemeine Theorie der Musik, S. 50.

in den einzelnen Saiten jedes Tones nicht völlig rein gestimmten Pianoforte zu erkennen giebt und der Musik viel von ihrem Reize entzieht."

Wiederholten sich die obigen Tonleitern nur von Octave zu Octave, so würde für die Durtonleiter das Pianoforte nur der sogenannten Untertasten, in sieben Octaven im Ganzen 49 an der Zahl, bedürfen. Für die Molltonleiter kämen in jeder Octave noch zwei Obertasten hinzu, zwischen Secunde und Terz und zwischen Quinte und Sexte, für die kleine Terz und kleine Sexte. Ein solches Tonsystem würde das musikalisch gebildete Ohr nur wenig befriedigen, da man eine gewisse Tonfolge, eine Melodie, über einem andern Grundton, als für welchen sie gesetzt wurde, gar nicht ausführen könnte, ohne eine oder mehre Octaven auf- oder abwärts zu gehen. Es ist aber gerade ein entschiedener Vorzug unseres heutigen Tonsystems und der davon abhängigen Instrumentenstimmung, daß eine Melodie beliebig über jedem Ton als Grundton in gleicher Weise ausgeführt werden kann und die Stimmung der Instrumente sich der Ausführung eines Musikstückes in höherer oder tieferer Lage gleich geeignet erweist. Die nächsten Betrachtungen sollen zeigen, wie man diese Vorzüge zu erreichen vermochte, ohne wesentlich von den harmonischen Intervallen abzuweichen, welche vor Allem die unverrückbare Grundlage unserer heutigen Musik bilden.

Suchen wir zunächst über demjenigen Tone, welcher dem Grundton der verwandteste ist, über der Quinte G eine Durtonleiter zu errichten, ähnlich wie eine solche über dem Grundtone C besteht:

C	D	E	F	G	A	H	c	d	e	f	g
$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	

so sind zwar die beiden ersten Intervalle nicht denjenigen der C durtonleiter absolut gleich; allein der Unterschied von nur einem Komma ($\frac{81}{80}$, oder logarithmisch 18) würde einer Melodie bei der Transposition von C dur in G dur keinen merklich verschiedenen Character verleihen; die drei folgenden Intervalle stimmen sogar vollkommen überein, aber die entschiedene Abweichung der letzten beiden Stufen erfordert die Einschaltung eines neuen Tones zwischen f und g, welcher als ganze Stufe von e aus und als durch einen Halbton

in die Octave g leitender Ton zu brauchen ist. Er muß die große Septime in Beziehung auf G sein, so daß er in Beziehung auf C die Schwingungszahl $\frac{3}{2} \cdot \frac{15}{8} = \frac{45}{16}$, in Beziehung auf den Grundton c der Octave, worin der neue Ton liegt, die Schwingungszahl $\frac{45}{32}$ hat. Dieser, sowie alle ähnlich eingeschalteten Töne, welche gegen die Töne der ursprünglichen Scale um eine halbe Stufe erhöht erscheinen, werden durch Anhängen des Sylbe is an den Namen des zunächst darunter liegenden Tones bezeichnet, und in der Notation bedeutet das Zeichen ♯ auf der betreffenden Linie oder in dem betreffenden Zwischenraum, daß jede daselbst verzeichnete Note um eine halbe Tonstufe erhöhet zu verstehen und anzugeben ist. Die Tonart G dur hat also in ihrer Tonleiter fis anstatt f und bei Anwendung des Fschlüssels ein Kreuz (♯) als Vorzeichnung auf der vierten Linie.

Die höhere Quinte von G ist d. Indem wir nunmehr über diesem Tone eine Durtonleiter errichten, kommt der Ton fis als Terz zur Anwendung; die Septime aber muß durch Erhöhung von c_1 um eine halbe Tonstufe erst geschaffen werden. Die Tonleiter von d dur heißt daher:

d e fis g a h cis_1 d_1

sie hat im Notensystem zwei Kreuze vorgezeichnet.

Indem man so von Quinte zu Quinte fortgeht, bemerkt man, daß bei jeder folgenden Tonart eine neue Erhöhung und in der Vorzeichnung ein Kreuz mehr hinzukommt. Die Quinten folgen sich in der Ordnung: c, g, d, a, e, h, fis, cis, gis, dis, ais, eis, his. Die Erhöhung von e in eis wird zuerst erforderlich, als Septime des Gruntones fis. Dieser erhielt als Septime von g die Schwingungszahl $\frac{45}{32}$ im Verhältniß zum Grundtone seiner Octave. Danach kommt für eis in Beziehung auf das c seiner Octave die Schwingungszahl $\frac{45}{32} \cdot \frac{15}{8} \cdot \frac{1}{2} = \frac{675}{512}$ heraus, was von der Schwingungszahl $\frac{4}{3}$ der Quarte f nicht viel verschieden ist. Der Logarithme des ersteren Intervalls ist 399, der des letzteren 415, also nicht um ein ganzes Komma größer. Es wird darum f an der Stelle von eis als Septime von fis gebraucht werden können. Als elfte Quinte, als Grundton also der zwölften Tonart in der oben angegebenen Reihe, ist die Quarte f brauchbarer, als

die reine Septime. Die Rechnung 11 . 585 = 6435 zeigt, daß die elfte Quinte in die siebente Octave und zwar um 20 Einheiten höher fällt als die Quarte in dieser Octave, da 435 — 415 = 20.

Ganz ähnlich wird als Septime von cis an der Stelle von his der Ton c gebraucht werden können, und wenn man sich erlauben darf, ihn zugleich als zwölfte Quinte anzusehen, so fällt die dreizehnte Durtonleiter mit der ersten vollkommen zusammen und das musikalische Tonsystem schließt sich hiermit ab. Ehe wir diese Frage, welche den eigentlichen Cardinalpunkt unseres modernen Tonsystems einschließt, erörtern, werfen wir noch einen Rückblick auf die genannten zwölf Tonarten. Wenn eine und dieselbe Stufe in einer Tonleiter nicht zweimal vorkommen soll, so müssen bei der Notation von fis dur sechs Kreuze, bei cis dur sieben Kreuze vorgezeichnet werden. Die letztere Tonart hätte dann folgende Scale

cis dis eis fis gis ais his cis,

wobei freilich eis als f und his als c gespielt würden.

Die folgende Tonart, gis dur, bedürfte, um eine große Septime zu erhalten, einer abermaligen Erhöhung von fis um eine halbe Stufe, also der Vorzeichnung von sechs einfachen und einem Doppelkreuz. Die Scale wäre

gis ais his cis dis eis fisis gis.

Um dieser Häufung von Erhöhungssylben und Kreuzen zu begegnen, erscheint es zweckmäßig, von cis dur an die eingeschalteten Töne, anstatt durch Erhöhung der zunächst darunter liegenden, vielmehr durch Erniedrigung der zunächst darüber liegenden Töne der ursprünglichen Scale um eine halbe Tonstufe entstehen zu lassen. Diese Art der Abkunft wird durch Anfügen der Sylbe es an die Stammtöne ausgedrückt, in der Notation durch die Vorzeichnung b auf die betreffende Notenlinie oder in den Zwischenraum. Cis dur erscheint dann als Des dur und die Scale ist die folgende:

des es f ges as hes c des

worin anstatt sieben Erhöhungs- nur fünf Erniedrigungszeichen vorkommen. Die Scale von gis dur verwandelt sich in die folgende von as dur mit nur vier Erniedrigungszeichen:

as b c des es f g as

worin für hes das gewöhnlichere Zeichen b gesetzt ist. So gelangt

man bei eis dur, anstatt fünf doppelte und ein einfaches Kreuz zu gebrauchen, zu der Vorzeichnung nur eines b; die Scale dieser Tonart, f dur, ist demnach

f g a b c d e f

und mit der zwölften Quinte schließt sich der Kreis ab, sofern diese als mit der siebenten Octave zusammenfallend betrachtet werden darf.

Man findet in den sieben ursprünglichen und den fünf eingeschalteten Tönen, welche zusammen die sogenannte chromatische Tonleiter

c cis d dis e f fis g gis a ais h c

bilden, auch den nöthigen Tonvorrath, um über jedem Tone als Grundtone eine Molltonleiter zu errichten.

Man darf sich indessen nicht verschweigen, daß die Unterschiede zwischen den von der ursprünglichen Molltonleiter verlangten und den von den eingeschobenen Tönen gebotenen Intervallen nicht selten weit über ein großes Komma wachsen. Betrachtet man z. B. dis als die für e dur erforderliche Septime, so ist seine Schwingungszahl in Beziehung auf das zunächst unter ihm liegende c: $\frac{5}{4} \cdot \frac{15}{8} \cdot \frac{1}{2} = \frac{75}{64}$, logarithmisch 229, während für die kleine Terz es, welche in c moll zur Anwendung kommt, die Schwingungszahl $\frac{6}{5}$, logarithmisch 263 erfordert wird. Von d nach dis ist ein kleiner halber Ton, von d nach es ein großer halber Ton, der Unterschied ist $263 - 229 = 93 - 59 = 34$, also eine Diésis. Dieser Unterschied kommt jedesmal zum Vorschein, wenn man von zwei um eine kleine ganze Stufe auseinanderliegenden Tönen den unteren um einen kleinen halben Ton erhöht, den oberen um eben so viel erniedrigt, da $2 \cdot 59 + 34 = 152$ ist. Cis und Des, Dis und Es, E und Fes, Eis und F, Fis und Ges, Gis und As, Ais und B, H und Ces, His und c sind sämmtlich von einander verschiedene Töne; die kleinen zwischen ihnen bestehenden Abstände werden nach einer aus der griechischen Musiklehre entlehnten Bezeichnung enharmonische Intervalle genannt. Die Tonleiter, welche von C durch Cis, Des, D... durch sämmtliche enharmonische Intervalle geht, heißt enharmonische Tonleiter. Auf unsern Instrumenten mit fester Stimmung, der Orgel, dem Pianoforte, der Harfe, den Blasinstrumenten kann die chromatische, nicht aber die enharmonische

Tonleiter angegeben werden. Indem man an den Tönen Cis und Des, Dis und Es u. s. f. kleine Rückungen anbrachte, schwanden die enharmonischen Intervalle, je zwei enharmonisch geschiedene Töne fielen in einen chromatischen zusammen. Mit welchem Rechte dieß geschehen konnte und welches Opfer der harmonischen Reinheit dabei gebracht wurde, ergeben die folgenden Betrachtungen.

Zwölf Quinten geben einen musikalischen Abstand 12 . 585 = 7020, welcher von 7000 oder dem Abstand von sieben Octaven nur wenig verschieden ist. Die Kleinheit dieses Unterschiedes gestattet es, den Quintencirkel mit der zwölften Tonart zum Abschluß zu bringen. Da die zwölfte Quinte mit der siebenten Octave wirklich zusammenfallen soll, so kann es nicht zweifelhaft sein, an welchem dieser beiden Intervalle die kleine nothwendig werdende Correction anzubringen ist. Die akustische Durchsichtigkeit des Octavenintervalles läßt die geringste Trübung auffällig erscheinen. Obgleich auch die Quinte gegen jede Abweichung von der Reinheit sensibel genug ist, so sinkt doch der Fehler, wenn jener Ueberschuß von 20 gleichmäßig auf die zwölf ansteigenden Quinten vertheilt wird, ins Unmerkliche herab. Er beträgt für eine Quinte nur $\frac{20}{12} = 1,69$; die Quinte 583,33, welche in dem so eingerichteten Tonsystem an die Stelle des reinen Intervalles tritt, heißt temperirte Quinte und die zwölf temperirten Quinten, octavenweise herabversetzt in die Octave des Grundtones, theilen diese in zwölf absolut gleiche musikalische Intervalle, jedes = 83,33, geordnet nach der sogenannten gleichschwebenden Temperatur.

Die folgende Tabelle giebt die Schwingungszahlen und ihre Logarithmen für die Töne der gleichschwebend temperirten Scale :

Töne	Schwingungszahlen	Logarithmen	Töne	Schwingungszahlen	Logarithmen
c	= 1,00000	0	fis	$2^{\frac{6}{12}}$ = 1,41421	500,00
cis	$2^{\frac{1}{12}}$ = 1,05946	83,33	g	$2^{\frac{7}{12}}$ = 1,49831	583,33
d	$2^{\frac{2}{12}}$ = 1,12246	166,67	gis	$2^{\frac{8}{12}}$ = 1,58740	666,67
dis	$2^{\frac{3}{12}}$ = 1,18921	250,00	a	$2^{\frac{9}{12}}$ = 1,68179	750,00
e	$2^{\frac{4}{12}}$ = 1,25992	333,33	ais	$2^{\frac{10}{12}}$ = 1,78180	833,33
f	$2^{\frac{5}{12}}$ = 1,33484	416,67	h	$2^{\frac{11}{12}}$ = 1,88775	916,67

$c_1 = 2,000.$

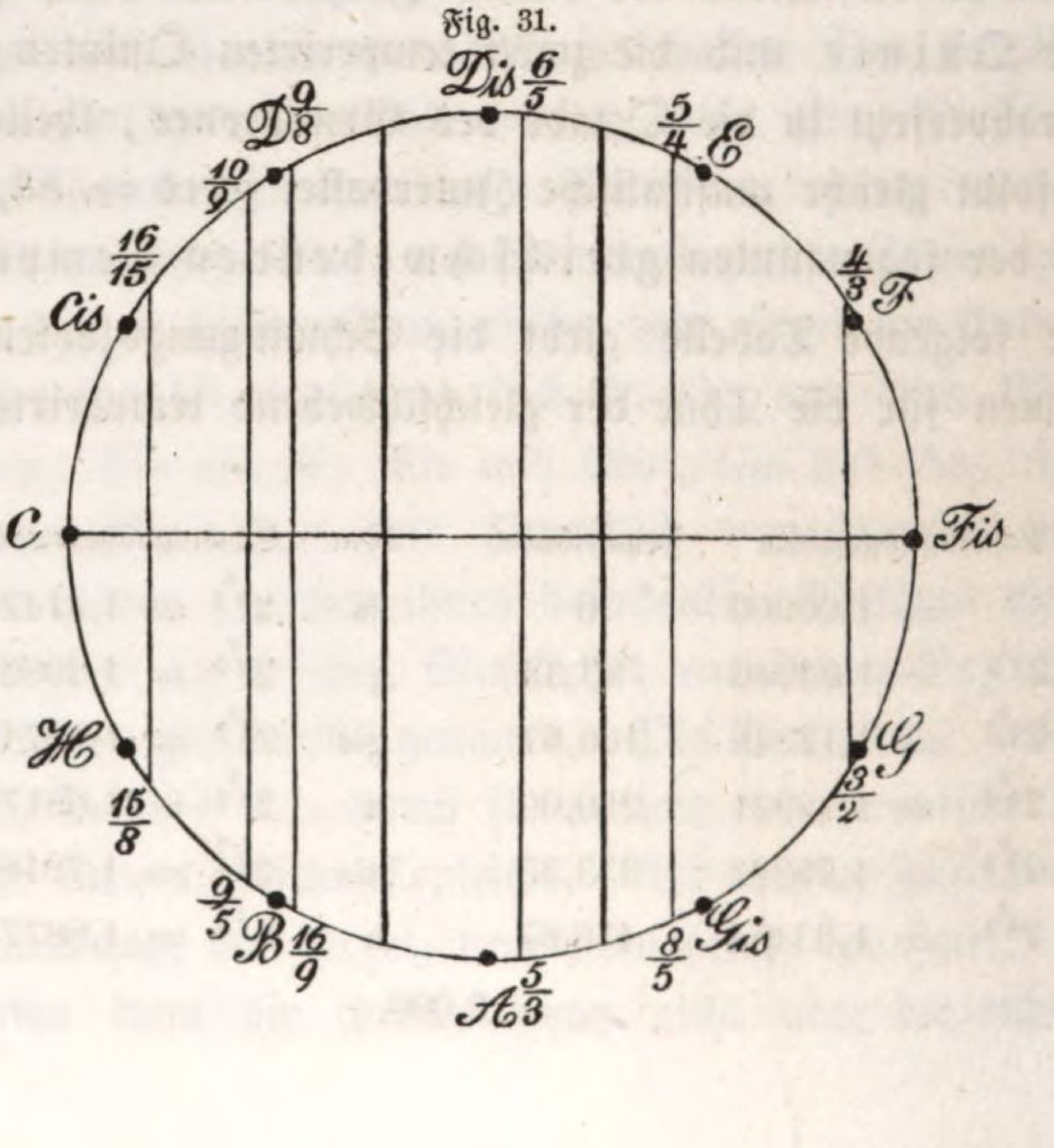
Vom Grundton bis zur Quinte sind es sieben solcher Stufen, wie es bis zur Octave zwölf sind. Um über die Brauchbarkeit dieses oder jedes andern künstlichen Tonsystems an der Stelle des natürlichen zu entscheiden, genügt es zu wissen, ob die harmonischen Intervalle darin mit hinreichender Annäherung enthalten sind. Der Fehler an der Quinte ist nur gering, ebensogroß ist er an der Quarte, da diese die Octavenergänzung der Quinte ist. Es erübrigt nur allein noch, zu untersuchen, ob e gegen c und g eine der streng harmonischen hinreichend nahe kommende Stellung hat, da hiermit die große und kleine Terz und somit auch ihre Octavenergänzungen, die kleine und große Sexte, die Prüfung bestehen. Die Abweichungen sind aber in der That die folgenden:

	Kleine Terz	Große Terz	Quarte	Quinte	Kleine Sexte	Große Sexte
Harmonisches Intervall	263	322	415	585	678	737
Temperirtes Intervall	250	333,33	416,67	583,33	666,67	750
Unterschied	−13	+11,33	+1,67	−1,67	−11,33	+13

Die Fehler sind am Kleinsten an den Intervallen, welche eine Störung der Reinheit am Wenigsten vertragen, aber auch bei den Terzen und Sexten betragen sie nur $\frac{2}{3}$ eines Komma.

Die folgende Figur stellt das Verhältniß der reinen Intervalle zu den temperirten dem Auge dar. Auf dem Umfang des Kreises

Fig. 31.



sind die gleichabständigen temperirten Intervalle durch Punkte angegeben, die feinen Linien dagegen schneiden den Kreis in den Abständen der reinen harmonischen Intervalle und man sieht zugleich, wie die Quarte und Quinte, die große Terz und kleine Sexte, die kleine Terz und große Sexte, der große ganze Ton und die kleinste Septime, der kleine ganze Ton und die kleine Septime, der große halbe Ton und die große Septime sich gegenseitig zu einer Octave ergänzen. Die stärkeren Linien bezeichnen die Mitte des Quartenintervalls CF und des Quintenintervalls CG. Die Bogen von C bis zur ersteren stärkeren Linie enthalten die Dissonanzen, die Bogen zwischen den beiden stärkeren Linien die unvollkommenen Consonanzen, der Bogen jenseits der zweiten stärkeren Linie endlich die vollkommenen Consonanzen.

Zur Erleichterung des Lesers und weil wir in der Folge vielfach auf einzelne Töne des temperirten Systems, auf die ihnen entsprechende Schwingungszahlen und Wellenlängen Bezug nehmen, lassen wir eine Tafel folgen, worin diese Zahlen für alle in der Musik gebräuchlichen Töne aufgenommen sind. Da die Schwingungszahlen der Grundtöne der Octaven im temperirten System etwas von den Seite 128 verzeichneten abweichen, welche nach dem genauen harmonischen Intervall aus $a_1 = 440$ abgeleitet sind, da wir andererseits den einfachen Ausdruck, welche die Wellenlängen jener Grundtöne in Pariser Maß gefunden haben, nicht aufgeben wollten, so wurde bei Ableitung der in der Tafel enthaltenen Wellenlängen die Temperatur der Luft zu 12° C. angenommen. Es entspricht dieser Temperatur eine Schallgeschwindigkeit von 1046,4 Pariser Fußen, während die S. 128 angegebenen Wellenlängen unter der Voraussetzung von 17° Lufttemperatur, also einer Schallgeschwindigkeit von 1056 Pariser Fußen, berechnet worden waren.

Schwingungszahlen und Wellenlängen
der in der Musik gebräuchlichen Töne nach der gleichschwebenden Temperatur.

a_1 = 440 Schwingungen. Die Schallgeschwindigkeit bei 12° C. = 1046,4 Pariser Fußen. Die Wellenlängen sind in Par. Zollen angegeben.

		C_{-2}	C_{-1}	C	c	c_1	c_2	c_3	c_4
C	Schwingungen	16,35	32,7	65,4	130,8	261,6	523,2	1046,5	2093,0
	Wellenlänge	768,0	384,0	192,0	96,0	48,0	24,0	12,0	6,0
Cis	Schwingungen	17,32	34,63	69,27	138,5	277,1	554,2	1108,5	2217,0
	Wellenlänge	724,8	362,4	181,2	90,6	45,3	22,65	11,32	5,66
D	Schwingungen	18,35	36,7	73,4	146,8	293,6	578,3	1174,6	2349,3
	Wellenlänge	684,14	342,07	171,0	85,5	42,75	21,37	10,68	5,34
Dis	Schwingungen	19,43	38,87	77,75	155,5	311,12	622,25	1244,5	2489,0
	Wellenlänge	645,74	322,87	161,43	80,71	40,36	20,18	10,09	5,04
E	Schwingungen	20,6	41,2	82,4	164,81	329,62	659,25	1318,5	2637,0
	Wellenlänge	609,5	304,75	152,37	76,18	38,09	19,04	9,52	4,76
F	Schwingungen	21,82	43,65	87,3	174,6	349,22	698,45	1396,9	2793,8
	Wellenlänge	575,3	287,65	143,82	71,91	35,95	18,00	9,0	4,50
Fis	Schwingungen	23,12	46,25	92,5	185	370	740	1480	2960
	Wellenlänge	543,0	271,5	135,75	67,87	33,93	16,96	8,48	4,24
G	Schwingungen	24,5	49	98	196	392	784	1568	3136
	Wellenlänge	512,5	256,26	128,13	64,06	32,03	16,01	8,0	4,0
Gis	Schwingungen	25,95	51,91	103,82	207,65	415,3	830,6	1661,2	3322,4
	Wellenlänge	483,76	241,88	120,94	60,47	30,23	15,12	7,56	3,78
A	Schwingungen	27,5	55	110	220	**440**	880	1760	3520
	Wellenlänge	457,65	228,82	114,41	57,21	28,6	14,3	7,15	3,57
Ais	Schwingungen	29,13	58,26	116,53	233,07	466,15	932,3	1864,6	3729,3
	Wellenlänge	431,0	215,5	107,7	53,9	26,95	13,47	6,73	3,37
H	Schwingungen	30,86	61,73	123,47	246,95	493,9	987,7	1975,5	3951,1
	Wellenlänge	404,92	202,46	101,23	50,61	25,31	12,66	6,33	3,16
c	Schwingungen	32,7	65,4	130,8	261,6	523,2	1046,5	2093,0	4186,0
	Wellenlänge	384,00	192,0	96,0	48,0	24,0	12,0	6,0	3,0

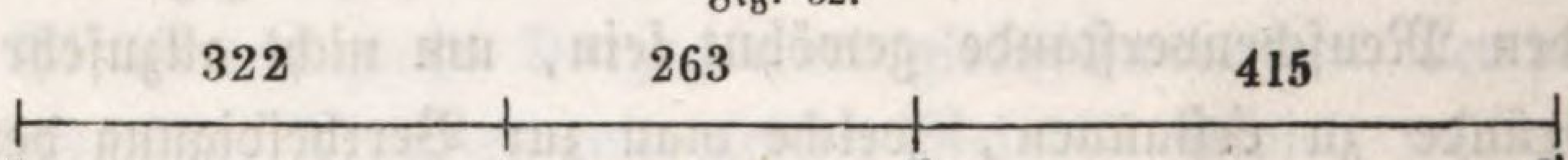
Es ist der große Vorzug einer gleichschwebenden Temperatur, daß aus allen Tonarten mit gleicher Reinheit gespielt werden kann und es hat sich darum die zwölfstufige gleichschwebende Temperatur, welche zu Ende des 17. Jahrhunderts zuerst aufgestellt und von d'Alembert und Lambert vertheidigt worden ist, gegenüber den Angriffen der Musiker und Theoretiker behauptet. Sie leistet bezüglich der Reinheit des Quinten- und Quartenintervalls, was nur zu wünschen ist. Ihre schwache Seite sind die Terzen und Sexten, und es tritt dieselbe nicht undeutlich hervor, wenn ein Pianoforte von einer Violine oder dem Violoncelle begleitet wird. In Zeiten, in welchen die Compositionen sich vorzugsweise innerhalb der mit

C dur näher verwandten Tonarten bewegten, und die entfernteren Tonarten mit mehr als zwei oder drei vorgezeichneten Kreuzen oder Be'en selten oder gar nicht zur Anwendung kamen, mochte der Gedanke einer Erwägung werth sein, die zwölf Stufen ungleich zu temperiren, um die den gebräuchlicheren Tonarten eignen harmonischen Intervalle möglichst rein auf Kosten der nämlichen Intervalle in den von C dur entfernteren Tonarten darzustellen. Jetzt aber, wo alle zwölf Tonarten den Componisten unentbehrlich geworden sind, haben die ungleichschwebenden Temperaturen, wie solche von Kepler, Euler, Kirnberger, Stanhope und Malkolm vorgeschlagen worden sind, alles practische Interesse verloren. Was die Kirnberger'sche Scale leistet, welche unter allen ungleichschwebenden Temperaturen am Meisten Anerkennung gefunden hat, läßt die Figur S. 142, worin die Intervalle jener Scale an die rein harmonischen Intervalle anstoßend gezeichnet sind, beurtheilen. Bei näherer Ansicht findet man, daß, wenn man die Reinheit der Dreiklänge als Maßstab nimmt, die Tonarten C dur, G dur, D dur, E moll, H moll, einigermaßen auch noch F dur, A dur, Fis moll und A moll zu den bevorzugten gehören, daß Cis dur, Es dur, As dur, C moll, D moll, F moll, G moll und B moll dagegen am Schlimmsten wegkommen. Das einmal Bestehende findet immer seine Vertheidiger, auch wenn seine fernere Haltlosigkeit dem schlichtesten Verstande einleuchtet. Allein man muß erst durch Vertrautheit mit der musikalischen Literatur an die kühnen Prätensionen des ästhetischen Gefühls gegenüber dem gesunden Menschenverstande gewöhnt sein, um nicht allzusehr über die Gründe zu erstaunen, welche man zur Vertheidigung der ungleichschwebenden Temperaturen, insbesondere der den verschiedenen Tonarten dadurch zukommenden Terzen beigebracht hat. Man erblickte gerade in dieser Verschiedenheit der Terzen ein mächtiges Hülfsmittel der Musik. Während die reine große Terz zur Freude stimme, wollte man mit schärferen Terzen bis zum Zorn entflammen, durch die reine kleine Terz Wohlwollen und Zärtlichkeit erregen, und durch noch kleinere Terzen in Traurigkeit versetzen. Die Musik hat indessen durch die allgemeine Annahme der gleichschwebenden Temperatur auf diese so gerühmten Vortheile, wie es scheint, für immer verzichtet.

Ohne Zweifel wäre es das Wünschenswertheste, auch mit solchen Instrumenten, welche eine feste Stimmung besitzen, aus allen Tonarten mit vollkommen reinen harmonischen Intervallen spielen zu können, so wie dieß auf den Streichinstrumenten und wie es dem Sänger möglich ist. Allein nur durch die unerhörteste Complication der Instrumente, welche ihre Conservirung und ihre Handhabung gleich sehr erschweren würden, ließe sich dieser Zweck erreichen. Am Leichtesten wäre es vielleicht noch auf der Orgel möglich, da man durch Registerzüge nach Wunsch die in den verschiedenen Tonarten harmonisch rein gestimmten Pfeifenreihen mit der Claviatur in Verbindung setzen könnte. In der That hat H. W. Poole im Jahre 1850 in Silliman's American Journal of science angezeigt, daß er eine Orgel erbaut und sie bereits 9 Monate im Gebrauch habe, welche mittelst einer einfachen Pedaleinrichtung die zwölf Tonarten in vollkommener Reinheit zu spielen gestatte.

Will man mit Einer festgestimmten Tonreihe für alle Tonarten ausreichen, so liegt die Annahme einer gleichschwebenden Temperatur außer aller Frage. Dagegen ist es von theoretischer Seite und wohl auch in practischer Beziehung von Interesse zu untersuchen, ob man nicht durch eine Spaltung der Octave in eine größere Anzahl gleicher Stufen den Anforderungen musikalischer Reinheit in höherem Grade genügen könne, als dieß mit unserer jetzt gebräuchlichen zwölfstufigen Tonleiter geschieht. Die Frage läuft in ihrer einfachsten Form darauf hinaus, den Abstand c c_1 in

Fig. 32.



solche gleiche Theile einzutheilen, daß ein Theilungspunkt möglichst nahe bei e, ein anderer möglichst nahe bei g fällt. Wollte man eine Tonleiter von 1000 Tönen gebrauchen, so würden die 322 ersten Intervalle eine große Terz, die 585 ersten Intervalle eine Quinte und die 263 Intervalle zwischen e und g eine kleine Terz von vorzüglicher Reinheit geben. Auch für das empfindlichste musikalische Gehör würde Nichts zu wünschen übrig bleiben. Von practischer Bedeutung indessen kann nur ein System sein, welches mit

weit weniger Stufen Aehnliches leistet. Die folgende Tafel *) enthält das Material zu sieben einfacheren Systemen mit gleichschwebender Temperatur, insofern darin das Verhältniß der Intervalle 322 : 263 : 415 mit geringeren Stufenzahlen annähernd erreicht wird. Die unter e und g enthaltenen Zahlen geben die Abweichungen von der Reinheit im Terzen- und Quinteninterval.

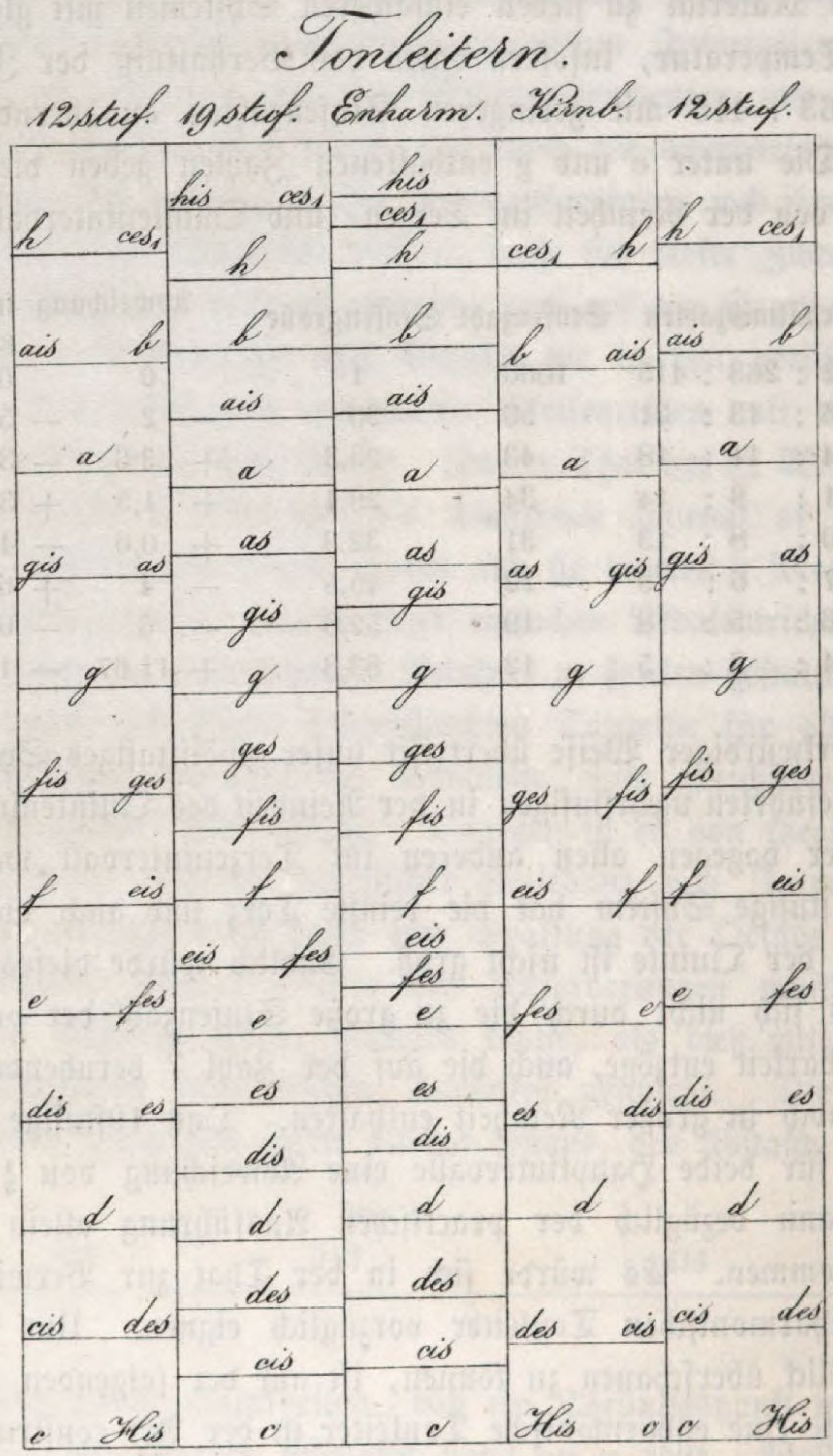
Verhältnißzahlen	Stufenzahl	Stufengröße	Abweichung in e	g
322 : 263 : 415	1000	1	0	0
16 : 13 : 21	50	20	— 2	— 5
14 : 11 : 18	43	23,3	+ 3,6	— 3,6
11 : 9 : 14	34	29,4	+ 1,5	+ 3,2
10 : 8 : 13	31	32,3	+ 0,6	— 4,3
7 : 6 : 9	22	45,5	— 4	+ 6
6 : 5 : 8	19	52,6	— 6	— 6
4 : 3 : 5	12	83,3	+ 11,67	— 1,67

Merkwürdiger Weise übertrifft unser zwölfstufiges System alle hier angeführten mehrstufigen in der Reinheit des Quinteninterval̈ls, steht aber dagegen allen anderen im Terzeninterval weit nach. Das 31stufige System hat die reinste Terz und auch die Abweichung in der Quinte ist nicht groß. Endlich würde dieses System, wenn es sich nicht durch die zu große Stufenzahl der practischen Ausführbarkeit entzöge, auch die auf der Zahl 7 beruhenden Zweiklänge noch in großer Reinheit enthalten. Das 19stufige System, welches für beide Hauptintervalle eine Abweichung von $\frac{1}{3}$ Komma giebt, kann bezüglich der practischen Ausführung allein noch in Frage kommen. Es würde sich in der That zur Verwirklichung einer enharmonischen Tonleiter vorzüglich eignen. Um dieß mit einem Blick überschauen zu können, ist auf der folgenden Scale in der Mitte eine enharmonische Tonleiter in der Art construirt, daß die Töne der diatonischen Scale nach ihren wahren harmonischen Verhältnissen aufgetragen, die eingeschobenen Töne Cis, Des u. s. f. aber durch Erhöhung und Erniedrigung um die Stufe 59, also um einen kleinen halben Ton, erhalten worden sind.

---

*) Aus Opelt's Allgemeiner Theorie der Musik, S. 47.

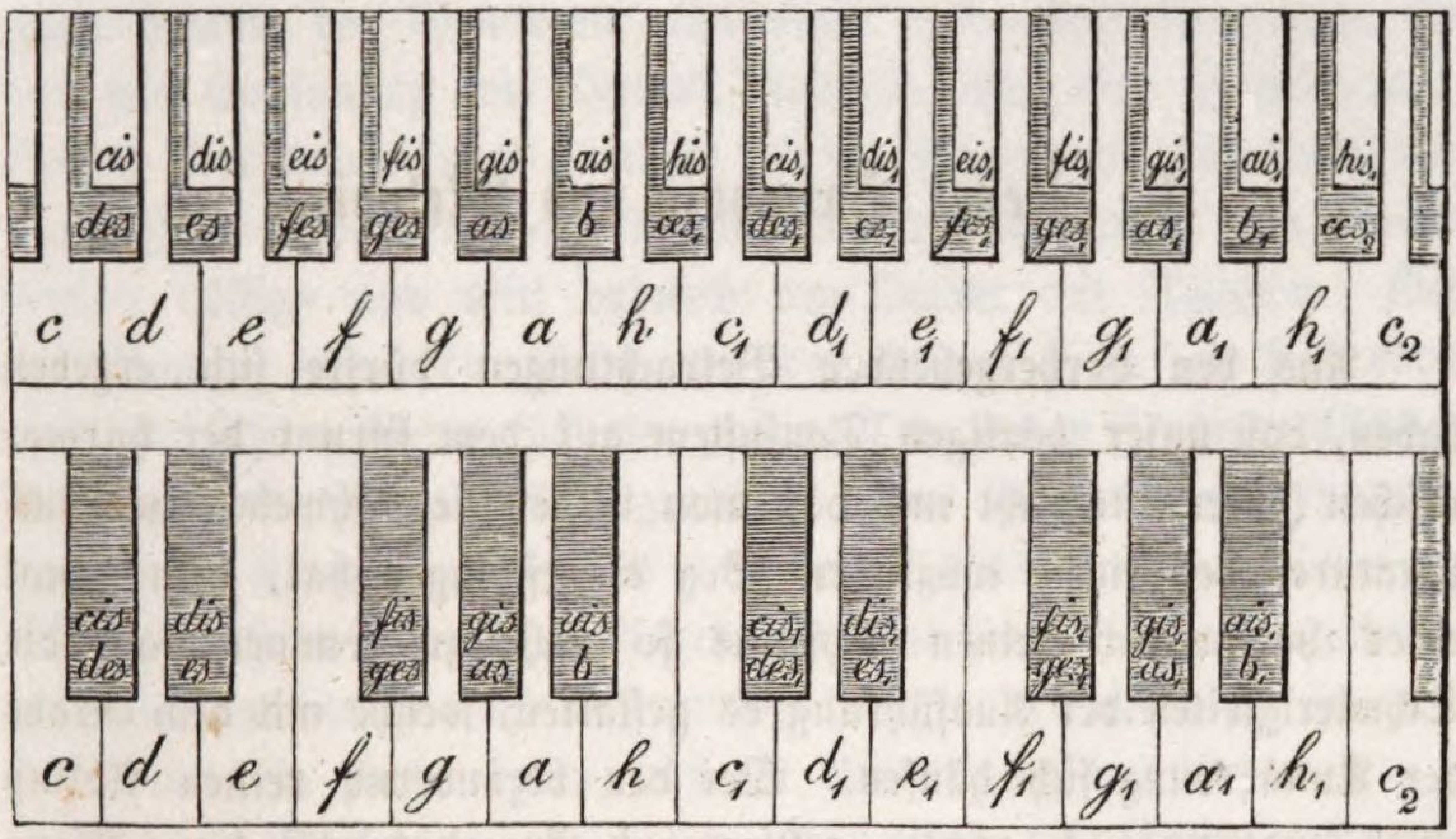
Fig. 33.



Links stoßen die Theilungslinien der 19stufigen gleichschwebenden Temperatur, rechts diejenigen der ungleichschwebenden Kirnberger'schen Scale an, von welcher bereits die Rede war. Die in der mittleren Scale enthaltenen Punkte entsprechen den Tönen

unserer gewöhnlichen 12stufigen Tonleiter. Auf der Guitarre würde sich durch eine passende Eintheilung des Griffbretes die 19stufige Scale verwenden lassen. Erhard's Harfe à double mouvement ist das einzige Instrument, an welchem durch Pedaleinrichtung das enharmonische System verwirklicht ist. Um die 19stufige Tonleiter auf das Pianoforte zu übertragen, bedürfte es einer Claviatur ähnlich der folgenden.

Fig. 34.



Bei dieser Claviatur, welche an italienischen Fortepiano's zu Ende des 17. Jahrhunderts angewendet war, sind übrigens auch noch die Töne eis und fes, his und ces mit getrennten Tasten versehen, während die 19stufige Tonleiter diese Töne verschmilzt und nur eine Taste für jedes Paar derselben in Anspruch nimmt.

6. Ueber Harmonie und Melodie.

Aus den vorhergehenden Betrachtungen dürfte sich ergeben haben, daß unser heutiges Tonsystem auf dem Grund der harmonischen Intervalle ruht und daß man in den gleichschwebenden Temperaturen den einzig möglichen Weg eingeschlagen hat, dem Ideal eines harmonisch reinen Systems so nahe zu kommen, als die Schwierigkeiten der Ausführung es gestatten, welche mit dem Grade der Annäherung sich häufen. Wer den bezaubernd reinen Abfluß eines mathematisch richtig gestimmten Accordes mit dem Klang eines temperirten verglichen hat, wird nicht im Zweifel sein über die Bedeutung, welche die einfachen Zahlenverhältnisse für die Musik haben. Es bemißt sich danach der Werth der Bemühungen eines deutschen Philosophen des 19. Jahrhunderts, mittelst höchst unklarer mathematischer Betrachtungen über die gegenseitige Hemmung, welche sich gleichzeitige Eindrücke in der Seele bereiten, zu zeigen, daß gerade die temperirten Töne, nicht aber die nach einfachen Zahlenverhältnissen bestimmten, es sind, welche das musikalische Gehör verlangt. „Denn hätte“, sagt Herbart in seinen psychologischen Bemerkungen zur Tonkunst, „diese gewöhnlich nur als Nothbehelf „betrachtete Stimmung der Tasteninstrumente nicht eine bessere Für„sprache an der musikalischen Phantasie, als in der Unvollkommen„heit unserer Werkzeuge, so würden die ächten Künstler durch ihre „Unrichtigkeit viel zu sehr beleidigt werden, um sich in der Behand„lung falschtönender Instrumente zu gefallen.“ Der genannte

Philosoph findet, daß zwei Vorstellungen (?), wie sie etwa durch zwei Töne in unserer Seele erweckt würden, stets einen gewissen Antheil von Zuneigung, ein Bestreben zum Einswerden gegeneinander hegen, aber auch eine gewisse Quantität feindlicher Gesinnung, vermöge welcher eine Vorstellung die andere zu hemmen, auf die Schwelle des Bewußtseins zu drängen, oder im schlimmsten Fall gänzlich von dieser Schwelle zu verjagen strebt. Zwei Töne im Einklang sind frei von jeder Feindschaft, sie consoniren in Liebe, die Octave dagegen hemmt den Grundton als voller und reiner Gegensatz, sie setzt die Consonanz mit Gewalt durch! In dem Gemüth der Quinte (der temperirten nämlich) ist die Feindschaft eben noch der Liebe Herr geworden, „sie überwindet die Nöthigung zum Einswerden völlig“ und tritt dadurch der Octave am Nächsten. Bei der Quarte schaut die Liebe, bei der kleinen Terz der Haß eben noch zur Thüre herein, bei der großen Terz stehen sich beide Mächte in bewaffneter Neutralität gegenüber. Das Ganze scheint eher die Lehre vom Temperament, als von der Temperatur der Töne zu sein. Da Herbart seine Arbeit als eine Probe Dessen angesehen wünscht, was unter einer besseren Psychologie zu denken sei, so wird es erlaubt sein zu bemerken, daß die Anwendung der Rechnung auf Kräfte und Wirkungen, welche, wie diejenigen der Seele, noch niemals einer Messung zugänglich gewesen sind, eine gänzlich fruchtlose Bemühung bleiben muß. Kepler konnte die Gesetze der Planetenbewegung nur mittelst so reichhaltiger guter Beobachtungen finden, wie Tycho Brahe sie hinterlassen hatte, Newton mußte den großen Gedanken des Gravitationsgesetzes ruhen lassen, bis Picard's neuere Messung des Erdumfangs ihm eine materielle Unterlage gab. Die Psychologie aber ist noch weit vom Zeitalter Tycho Brahe's entfernt; Zahlen- und Buchstabenrechnung an sich haben so wenig Beweiskraft in natürlichen Dingen, als die Fertigkeit darin die aufrichtige Liebe zur Wahrheit und gesunde Logik ersetzen können.

Erfreulicher und belehrender zugleich, als das Schauspiel jener philosophischen Seifenblasen, ist der Blick in die Geschichte der Musik, welche, wie die keiner anderen Kunst, einen zwar langsamen, aber stetigen Fortgang zu höherer Ausbildung und Vollendung darbietet.

Wir wissen von den ältesten indischen und ägyptischen Tonsystemen zu wenig, um sichere Schlüsse darauf bauen zu können. Wenn die ägyptische Lyra, wie griechische Geschichtschreiber sie schildern, nur drei Saiten hatte, so kann dieß keine hohe Vorstellung von dem Zustand der Musik in uns erwecken. Indessen enthalten die Abbildungen ägyptischer Harfen, welche zum Theil von den ältesten Monumenten der Baukunst jenes Volkes entnommen sind, eine größere Saitenzahl. Einer Tonleiter, welche den älteren chinesischen Melodieen zu Grunde liegt, welche sich in der Stimmung eines auf Java gebräuchlichen Instrumentes, des Gender, wiederfindet, derselben, welche den eigenthümlich schwermüthigen Character der in den Bergen Hochschottlands heimischen Weisen bedingt, haben wir schon früher gedacht. Ihre Töne

$$f,\ g,\ a,\ c_1,\ d_1,\ f_1 \text{ oder } c,\ d,\ e,\ g,\ a,\ c_1$$

entsprechen unserer diatonischen Tonleiter, allein es fehlen darin die Quarte und Septime, so daß Stufen von anderthalb Tönen da vorkommen, wo unsere Tonleiter halbe Tonstufen enthält. Auch den Hindu's scheint diese unvollkommene Tonleiter nicht fremd gewesen zu sein; da zwölf von den 36 Tonarten, welche in den Büchern Soma und Narayan verzeichnet sind, nach ersterem Buche wenigstens, ganz die nämliche Stufenfolge, nur mit verschiedener Stellung des Anfangstones, enthalten.

Das griechische Tonsystem erkennt die Octave, die Quinte und Quarte als Consonanzen an. Es ist characteristisch, daß das griechische Gehör die Einfachheit der Beziehungen im fünftheiligen Rhythmus noch nicht zu erkennen vermochte, daß es über die Erfassung der aus den Zahlen 2 und 3 zusammengesetzten Consonanzen nicht hinauskam. Allein auch diese waren nicht in ihrer vollen Bedeutung verstanden und angewendet. Nicht nur, daß man diese Consonanzen nicht zu Harmonieverbindungen gebrauchte, durch welche man in der modernen Musik der Melodie eine so reiche Ausstattung und oft erst das wahre Verständniß verleiht, man hatte auch den Vorzug, welchen die Octaven als natürliche Abschnitte der Tonleiter besitzen, nicht erkannt, diese Rolle vielmehr der Quarte zugetheilt, so daß das ganze Tonsystem in Tetrachorde zerfiel.

Aristoteles fragt in seinen Problemen über die Harmonie: Warum singet man zusammen nur in demselben Tone oder auch im Diapason und höchstens im Disdiapason, nicht aber im Diapente und Diatessaron? ein Beweis, daß man wohl eine Ahnung der Möglichkeit einer solchen Tonverbindung hatte, daß sie aber niemals zur wirklichen Ausführung kam.

Die griechische Lyra hatte anfangs nur Eine Saite mehr als die alte ägyptische Lyra, von welcher sie stammte; sie enthielt ein einziges Tetrachord. In dem Maße als die Bildung des griechischen Volkes und die Ausbildung der Musik insbesondere vorschritt, vermehrte sich die Saitenzahl jenes Instrumentes; die siebensaitige Lyra des Terpander hatte zwei verbundene, die achtsaitige des Pythagoras zwei getrennte Tetrachorde:

Lyra Terpanders	Lyra des Pythagoras
e f g a c_1 d_1 e_1	e f g a h c_1 d_1 e_1

die elfsaitige Lyra hatte zwei verbundene und ein davon getrenntes Tetrachord.

Das vollständige Tonsystem der Griechen zur Zeit seiner höchsten Ausbildung umfaßte fünfzehn Töne, von A bis a_1, von 110 bis 440 Schwingungen, die nämlichen, welche den Umfang der Männerstimmen Baß und Tenor ausmachen. Im vollständigen System mußten diese 15 Töne durch 21 Saiten vorgestellt sein, da sechs Töne in zwei verschiedenen Tetrachorden aufgenommen waren. Die folgende Uebersicht enthält die Namen der einzelnen Töne des griechischen Systems und ihre Eintheilung in Tetrachorde:

Nete hyperboleon	V			a_1
Paranete hyperboleon	V			g_1
Trite hyperboleon	V			f_1
Nete diezeugmenon	V / IV			e_1
Paranete diezeugmenon	IV	Nete synemmenon	III	d_1
Trite diezeugmenon	IV	Paranete synemmenon	III	c_1
Paramese	IV	Trite synemmenon	III	h
		Mese	III / II	a
		Lichanos meson	II	g
		Parypate meson	II	f
		Hypate meson	II / I	e
		Lichanos hypaton	I	d
		Parypate hypaton	I	c
		Hypate hypaton	I	H
		Proslambomenos		A

Die gemeinschaftlichen Töne des 3. und 4. Tetrachords sind solche, welche ebensowohl der Männer-, als der Knabenstimme angehören. Es wird nicht leicht eine Männerstimme geben, welche die Töne der drei ersten Tetrachorde nicht sämmtlich bewältigen könnte. Die spätere Zufügung des Proslambomenos, welcher in das System der fünf Tetrachorde gar nicht aufgenommen war, beweist das Bedürfniß, welches man empfand, mit einer Octave des höchsten Tones abzuschließen.

Die hier verzeichnete Scale stellt übrigens nur eines der in der griechischen Musik gebräuchlichen Tongeschlechter, das sogenannte diatonische Tongeschlecht dar. Der unterscheidende Character der drei Tongeschlechter aber ist ausschließlich die Art der Eintheilung des Tetrachords oder des Quartenintervalles. Das diatonische Tongeschlecht enthält durchgängig, wie dieß auch bei unserer heutigen diatonischen Tonleiter der Fall ist, im Quartenintervall zwei ganze und eine halbe Stufe. In dem chromatischen Tongeschlecht war das nämliche Intervall in zwei halbe Stufen und eine kleine Terz, in dem enharmonischen war es in zwei Viertelstöne und eine große Terz eingetheilt.

Eine Tonleiter mit so ungleichen Stufen, wie sie sich in den beiden letzteren Klanggeschlechtern finden, ist unserer heutigen Musik durchaus fremd, und die zwölfstufige temperirte Scale schließt Intervalle, welche kleiner sind, als ein halber Ton, ganz aus. Wurden die griechischen Instrumente wirklich in jenen kleineren Intervallen von Viertelstönen gestimmt und bewegte sich der Gesang durch diese kleinen Stufen, so setzt dieß eine Feinheit des musikalischen Gehörs voraus, welche man nach der vergleichungsweise niedrigen Entwickelungsstufe der Harmonielehre nicht hätte erwarten sollen. Man trifft indessen auch heutzutage die Anwendung kleinerer Intervalle in der Nationalmusik solcher Völker, welche keine Kenntniß jener Harmoniegesetze haben, auf welchen die hohe Ausbildung der modernen abendländischen Musik beruht. In den nationalen Gesangesweisen der Araber und Aegypter vernimmt man Uebergänge durch so kleine Zwischenstufen, daß der Ausdruck dem des Jodelns der Steyerer und Tyroler nicht unähnlich ist; diese Uebergänge enthalten nichts Willkürliches oder Zufälliges, insofern sie bei jeder

Wiederholung eines Liedes von den Sängern genau in der nämlichen Weise ausgeführt werden und diese die Abänderungen, welche bei einer Notirung ihrer Gesänge in unserer zwölfstufigen Scale nothwendig vorgenommen werden müssen, niemals zu rügen versäumen. Auf einem klarinettartigen arabischen Instrument, dem Eraquich, findet sich eine Scale, welche in Drittelstönen fortschreitet.

Keine griechische Melodie erstreckte sich über das ganze Tonsystem. Je nach dem Grundton, von welchem sie ausging, je nach der Lage also, welche die Melodie innerhalb des Tonsystems hatte, mußte die sieben- oder achtsaitige Lyra, welche eine Melodie im Einklang begleiten sollte, eine höhere oder tiefere Stimmung haben. Es wurden von den Theoretikern fünfzehn verschiedene Tonarten unterschieden, deren Namen nicht wie bei unsern zwölf Dur- und zwölf Molltonarten von dem Grundtone, der sogenannten Tonica, sondern vielmehr von demjenigen griechischen Lande hergenommen war, in welchem eine solche Tonart die ursprünglich vorzugsweise herrschende gewesen sein sollte. Man kann nach den noch übrigen theoretischen Abhandlungen über griechische Musik nicht mit voller Sicherheit über die Beschaffenheit der Tonarten entscheiden. War es nur eine Transposition der dorischen Tonleiter

d e f g a h c_1 d_1

von Halbton zu Halbton durch das ganze Tongebiet von A bis h, so entsprachen diese sämmtlichen Scalen, deren Namen und Anfangstöne hier folgen, unsern zwölf Molltonarten

Namen der Tonart:		Namen der Tonart:		Namen der Tonart:	
Die Hyperlydische	h	Die Lydische	fis	Die Hypolydische	cis
Die Hyperäolische	b	Die Aeolische	f	Die Hypoäolische	c
Die Hyperphrygische	a	Die Phrygische	e	Die Hypophrygische	H
Die Hyperionische	gis	Die Jonische	dis	Die Hypoionische	B
Die Hyperdorische	g	Die Dorische	d	Die Hypodorische	A

Die drei höchsten Tonarten sind, wie man sieht, die Wiederholungen der drei tiefsten in der Octave, so daß also nur 12 wesentlich verschiedene Anfangstöne übrig bleiben. Jeder der genannten Tonarten wird von den Schriftstellern des Alterthums ein besonderer Character beigelegt, jede sollte einen eigenthümlichen Eindruck auf das Gemüth vermitteln. Die Lydische Tonweise sollte zarter

klagender Art, die Aeolische üppigen und zärtlichen Characters sein, die Phrygische Tonart sollte einen wilden begeisternden Eindruck machen, der Jonischen schrieb man einen weichen wollüstigen, der Dorischen Weise dagegen einen männlich ernsten Character zu. Boëthius erzählt, Pythagoras habe einst einen jungen Mann so von Eifersucht, Musik und Wein erhitzt gefunden, daß derselbe im Begriff gestanden, Feuer an der Wohnung seiner Geliebten anzulegen; da habe der Philosoph den Verliebten allein dadurch zur Besonnenheit zurückgebracht, daß er eine Flötenspielerin die Phrygische Weise mit einer ernsteren besonneneren Tonart vertauschen ließ. So fabelhaft solche Erzählungen klingen, so berechtigt uns doch Nichts, sie ungläubig zu belächeln, da die Musiker unserer Tage kaum Geringeres von unseren zwölf Dur- und Molltonarten zu sagen wissen. In einer im Jahre 1838 erschienenen Aesthetik der Tonkunst, aus der Feder eines der fruchtbarsten musikalischen Schriftsteller, erhalten die 24 Tonarten eine ausführliche Characteristik, aus welcher wir Einiges beispielsweise entnehmen:

„C dur hat den Character der Unschuld, Einfalt, der Naivetät, der Kindersprache. G dur giebt den Ausdruck des Ländlichen, Idyllenmäßigen, des zärtlichen Dankes für aufrichtige Freundschaft und treue Liebe. D dur ist der Ton des Triumphs, des Halleluja's, der Größe und Pracht, des Kriegsgeschreis und Siegesjubels. A dur athmet Erklärungen unschuldiger Liebe, Zufriedenheit, Hoffnung des Wiedersehens beim Scheiden der Geliebten, jugendliche Heiterkeit und Gottvertrauen. In E dur lacht die Freude, es ist ein Aufjauchzen zu lautem Jubel. H dur kündet Zorn, Wuth, Raserei, Eifersucht, Verzweiflung und jede Last des Herzens an. Fis dur ist der Ton des Sieges in schweren Unternehmungen, das freie Athmen auf erstiegenen Bergen. Des dur ist ein spielender Ton, der da ausarten kann in Leid und Wonne. As dur leiht dem wunden Herzen und der frommen Klage ihre Töne; aber auch Gräberton, Tod, Grab, Verwesung, Gericht, die Ewigkeit mit allen ihren Geheimnissen liegen in ihrem Umfange. Es dur ist die vieldeutigste Tonart, innige Liebe, Andacht, feierlichen Ernst und kräftigen Aufruf zur That vermag ihr Ton auszudrücken. B dur ent-

hält Hoffnung, heitere Liebe und gutes Gewissen, F dur endlich malt leichten Scherz, fröhliches Leben in kindlicher Unschuld.

„Unter den Molltonarten ist A moll von zartem, fromm weiblichem Character. E moll ist bedingtes Leben, ein Ringen, Klage des Mitgefühls und Jammer über Mangel an Kraft. H moll tönt Geduld, stille Erwartung und Ergebung in den göttlichen Willen. Fis moll ist ein finsterer Ton, voll Groll und Mißvergnügen, der da zerrt an der Leidenschaft, wie der bissige Hund am Gewande. Cis moll Bußklage, trauliche Unterredung mit Gott und Seufzer nicht zu befriedigender Liebe. Gis moll ein Griesgram, ein gepreßtes Herz, eine Jammerklage, die in Doppelkreuzen hinaufseufzt. Es moll ist der Ton der Bangigkeit, der hinbrütenden Verzweiflung, der schwärzesten Schwermuth. B moll ist ein Sonderling, voll Mißvergnügen gegen Gott und die Welt, bis zur Vorbereitung zum Selbstmord. F moll enthält unaussprechlich tiefe Schwermuth, Jammergeächze, grabverlangende Sehnsucht. C moll drückt höheres Gefühl, Schmachten, Sehnen, Seufzen einer tieffühlenden, keines Truges fähigen Seele aus. G moll ist der Ton der Unlust, des Mißbehagens und Grolls, des Schwankens und Zerrens an verunglückten Plänen. Aus D moll endlich spricht schwermüthige Weiblichkeit.“ (Schilling)

Ueberblickt man diese interessante Scale, so ist nicht zu verkennen, daß sämmtlichen Molltonarten der Character einer in irgend welcher Beziehung getrübten Stimmung zugesprochen wird, daß keine des kräftig entschiedenen und klaren Ausdrucks fähig gehalten wird, wie die Durtonarten. Die Zahlenverhältnisse geben über diesen Umstand genügenden Aufschluß. Die Dreiklänge:

C		E		G	C		Es		G
4	:	5	:	6	10	:	12	:	15

beweisen allein schon hinreichend, daß die Mollharmonieen weniger einfach oder rein sind, als die Durharmonieen.

Man hat zur materiellen Begründung des verschiedenen psychischen Characters der einzelnen Dur- oder der einzelnen Molltonarten angeführt, daß in der einen Tonart mehr die Naturtöne der Blasinstrumente, in einer anderen mehr die künstlich hervorgerufenen Töne, welche nie so klar ansprechen als jene, zur Ver-

wendung kämen, daß bei einer Tonart mehr die frei schwingenden Saiten der Streichinstrumente, bei einer anderen die gegriffenen Intervalle gebraucht würden. Allein es sind auch die gebildeteren Musiker darin einverstanden, daß die verschiedene Färbung der Tonarten, welche sie fast ohne Ausnahme als ausgemachte Thatsache annehmen, auf jenen Zufälligkeiten, welche ohnehin mit der Vervollkommnung des Baues der Blasinstrumente und mit der Geschicklichkeit der ausführenden Künstler mehr und mehr verschwinden, nicht beruhen könne. Sie sind vielmehr der Ansicht, daß auf einem Tasteninstrumente, wie auf dem Fortepiano, ja daß im Gesange der Character der Tonarten sich gerade so auspräge, wie im Orchester.

Seitdem die ungleichschwebenden Temperaturen verlassen sind, erhebt sich über jedem Tone unseres musikalischen Systems eine absolut gleiche Stufenfolge. Wenn man diese Thatsache gehörig würdigt, so ist es unmöglich, für den Character der Tonarten einen anderen physischen Grund suchen zu wollen, als die Höhe der Lage, als die Stelle des Grundtons im System. Wenn ein Pianoforte daher gegen ein anderes um einen halben Ton tiefer gestimmt wäre, so müßte C dur auf dem ersteren genau den nämlichen Eindruck machen, als H dur auf dem zweiten. Diese Folgerung wird zwar von feinfühlenden Musikern nicht zugegeben; allein es scheint, als ob der Versuch in dieser Reinheit selten oder niemals gemacht worden sei, und, wäre er angestellt worden, der Erfolg hätte in der That kein anderer sein können, als der angegebene. Das a_1 der Petersburger Oper steht auf 453 Schwingungen, das der opéra comique in Paris steht oder stand auf 428 Schwingungen; der Unterschied ist genau der eines halben Tones. Man könnte danach schließen, daß, wenn allein die Tonhöhe den Character der Tonart bedinge, alle Tonstücke, welche auf der Petersburger Oper aus C dur gespielt wurden, in der opéra comique den Eindruck hätten machen müssen, als gingen sie aus H dur. Allein diese Folgerung erscheint nicht gerechtfertigt, wenn man, wie wir es geneigt sind zu thun, den Character der Tonarten durchaus nur als etwas Relatives auffaßt, als relativ gegen eine Grundtonart C dur, an deren Lage bei der herrschenden Orchesterstimmung das Ohr sich gewöhnt hat. Wie in Beziehung auf den Grundton C die übrigen elf Töne

der Scale ein mehr oder weniger einfach harmonisches Verhältniß haben, so muß es auch mit den auf die einzelnen Grundtöne basirten Harmonieverbindungen in Beziehung auf die C dur-harmonieen der Fall sein. Alle Durharmonieen sind an sich von gleicher Reinheit und in so fern unbestreitbar von gleichem Character; hat aber einmal das Ohr durch lange Gewohnheit C dur als den Ausdruck des Einfachen und entschieden Klaren und Kräftigen in der Musik angenommen, so wird jede andere Durharmonie um so mehr sich von jenem Character zu entfernen und vielmehr dem Ausdruck aller gegentheiligen Empfindungen sich zu bieten scheinen, je fremder ihre harmonischen Verhältnisse denjenigen der C durharmonieen sind. Dem nämlichen Eindruck, welcher bei dem Laien in der Musik nur durch die Modulation, durch die unmittelbare Nebeneinanderstellung der Tonarten erreicht wird, ist das, ich möchte sagen, auf C dur seines Orchesters gestimmte Ohr des Musikers stets offen, wenn es auch eine Tonart nur an und für sich zu empfinden glaubt. Daß ein Uebergang aus C dur in das so nahe verwandte G dur einen weit ruhigeren Character an sich tragen muß, als der Uebergang aus C dur in das in allen seinen harmonischen Verhältnissen weit abweichende H dur, kann nicht befremden, wenn man bedenkt, wie wenig einfach das Verhältniß der Schwingungszahlen des Dreiklangs c, e, g zu denjenigen des Dreiklangs h, dis, fis ist. Die Tonarten über der Quinte und Quarte müssen demnach in ihrem Ausdruck C dur am Aehnlichsten sein, dann folgen die Tonarten über den Terzen und Sexten, hierauf die über der großen Secunde und kleinen Septime, die über der verminderten Quinte und endlich die über der kleinen Secunde und über der großen Septime. Uebrigens wird auch die Mitwirkung der höheren oder tieferen Lage einer nämlichen Melodie zum Totaleffect der Tonart nicht geläugnet werden können. Einer so speciellen Characteristik der Tonarten aber, wie die oben mitgetheilte, Beifall zu schenken, würde um so bedenklicher sein, als die verschiedenen Künstler, welche sich mit mehr Phantasie als Kritik in einer solchen Characteristik versucht haben, oft weit von einander abweichen. Die Tonart E moll z. B., von welcher oben gesagt ist, sie drücke bedingtes Leben, ein Ringen, die Klage des Mitgefühls

und Jammer über Mangel an Kraft aus, vergleicht Schubart mit einem Mädchen, welches weiß gekleidet, nur Eine rosenrothe Schleife am Busen trägt.

Wir werden uns zum Beleg unserer Behauptung mit der Zusammenstellung zweier der obigen Characteristiken mit den entsprechenden Mattheson's, des fruchtbarsten musikalischen Autors im 18. Jahrhundert, begnügen können

Mattheson 1713 — **Schilling 1838**

E dur

Mattheson: drucket eine verzweiflungsvolle oder ganz tödliche Traurigkeit unvergleichlich wohl aus, ist vor extrem verliebte, hülfs- und hoffnungslose Sachen am bequemsten.

Schilling: Die Freude lacht und es ist ein Aufjauchzen zu lautem Jubel. Zu Schmerz und Leid ist E dur nie gestimmt, sein Wesen ist offen und frei 2c.

G moll

Mattheson: der allerschönste Ton, der eine ungemeine Anmuth und Gefälligkeit mit sich führet.

Schilling: Ton des Sentimentalen, der graciösen Schwermuth, des mürrischen Nagens am Gebiß der Selbstanklage, eines Kampfes zwischen Entschluß und Bedenken, des Zerrens an einem verunglückten Plane.

Die Charactere, welche den griechischen Tonarten von den Schriftstellern des Alterthums beigelegt werden, passen nicht im Mindesten zu dem, was man heutzutage in den Tonarten D moll, Es moll, E moll, F moll und Fis moll zu finden glaubt, vielmehr stehen sie sich durch ein seltsames Spiel des Zufalls diametral gegenüber. Man kann wohl kaum an der Richtigkeit der Ansicht derjenigen Kunstkenner zweifeln, welche den jenen Tonarten zugesprochenen Ausdruck anstatt auf die Tonleiter allein, vielmehr auf die ganzen in Doris, Jonien, Phrygien, Aeolien und Lydien gebräuchlichen Kunstformen, auf die Gesangsweise, die Octavengattung, das Instrumentale, den Rhythmus und den Vortrag des Gedichts, selbst auf Tanz und Pantomime, kurz auf den Inhalt des ganzen Kunstwerkes beziehen.

Außer den besprochenen Tonarten unterscheiden die griechischen Theoretiker noch sieben Octavengattungen, deren jede 8 Töne des S. 147 angegebenen Tonsystems über den Grundtönen H bis a enthält. Da in diesen Tonreihen keine Erhöhungen und Ernied-

rigungen vorkommen, so nehmen die Halbtöne in jeder derselben andere Stellen ein. Wir gedenken dieser Octavengattungen nur darum, weil aus ihnen die Kirchentonarten hervorgegangen sind, welche, vielleicht schon in den ersten Jahrhunderten den christlichen Gesängen zu Grunde liegend, vom Bischof Ambrosius im vierten Jahrhundert als feste Normen des Kirchengesanges angenommen wurden, über ein Jahrtausend als einzige Grundlage der Compositionen gegolten und sich neben unseren zwölf Dur- und Molltonarten noch bis auf den heutigen Tag erhalten haben.

Die vier Ambrosianischen, auch sogenannten authentischen Kirchentöne waren die folgenden:

1.	**d**	e	f	g	**a**	h	c_1	d_1	Dorische Tonart.
2.	**e**	f	g	a	**h**	c_1	d_1	e_1	Phrygische Tonart.
3.	**f**	g	a	h	**c_1**	d_1	e_1	f_1	Lydische Tonart.
4.	**g**	a	h	c_1	**d_1**	e_1	f_1	g_1	Mixolydische Tonart.

Es waren die Töne der diatonischen Scale unseres heutigen C dur, jedoch mit Verschiebung des Anfangstones. Die Octave ist in diesen Kirchentönen in gebührender Anerkennung, insofern sie den Schluß der Scale bildet. Die stärker gedruckten Buchstaben bezeichnen die Töne, auf welche beim Singen der Tonleiter besonderer Nachdruck gelegt wurde, um dadurch eine Abtheilung derselben in zwei Theile auszudrücken, und, wie man sieht, bezeichnet das nächst der Octave harmonischste Intervall, die Quinte, die Grenze dieser Abtheilungen. Es kamen später, wahrscheinlich hinzugefügt von dem eifrigen Beförderer des Kirchengesanges, Gregor I, (590 n. Chr.), noch vier Tonarten hinzu, die zum Unterschied von den authentischen, die plagalischen Kirchentöne genannt wurden:

1.	**H**	c	d	**e**	f	g	a	h
2.	**c**	d	e	**f**	g	a	h	c_1
3.	**d**	e	f	**g**	a	h	c_1	d_1
4.	**e**	f	g	**a**	h	c_1	d_1	e_1

Zwei derselben sind bezüglich der Tonfolge den beiden ersten der authentischen Tonarten gleich; die Abtheilung in den plagalischen Tonarten aber war eine eigenthümliche, insofern sie durch die Quarte geschah. In späterer Zeit war außer der authentischen nur noch die zweite plagalische Tonart unter dem Namen der Lydischen und ein sechster Kirchenton

a h c_1 d_1 e_1 f_1 g_1 a_1

unter dem Namen der Aeolischen Tonart als Grundlage melodischer und harmonischer Composition im Gebrauch. Unter diesen sechs Tonleitern war nur eine, nämlich die zweite plagalische, mit unserer C dur-tonleiter im Wesentlichen übereinstimmend, während die Dorische, Mixolydische und Aeolische Tonart unserer Molltonleiter insofern gleichen, als sie die kleine Terz des Grundtones enthalten. Der Phrygische und Lydische Kirchenton haben keinerlei Aehnlichkeit mit unseren heutigen Tonleitern.

Aber auch jene C dur-tonleiter war nicht, wie unsere heutige auf die Erkenntniß aller einfachen harmonischen Verhältnisse gegründet, sondern es waren die Intervalle noch ganz nach der in der griechischen Musik gebräuchlichen Weise abgetheilt. Huckbald (840 — 930), einer der ältesten Schriftsteller über christliche Kirchenmusik, deren Schriften wir noch besitzen, wendet zur Bezeichnung der Töne noch die S. 147 angegebenen griechischen Namen an, und die Art seiner Abtheilung des Monochordes führt zu folgenden Schwingungsverhältnissen und Intervallen:

	c		d		e		f		g		a		h		c_1
	1		$\frac{9}{8}$		$\frac{81}{64}$		$\frac{4}{3}$		$\frac{3}{2}$		$\frac{27}{16}$		$\frac{243}{128}$		2
Intervalle		$\frac{9}{8}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{256}{243}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{256}{243}$	

Nur die Quinte und Quarte sind rein, die Terze, Sexte und Septime aber sämmtlich zu groß. Die Tonleiter ist behandelt wie zwei getrennte griechische Tetrachorde nach der diatonischen Tonfolge; es folgen sich zunächst zwei ganze Töne und die folgende Stufe nimmt den Rest des Tetrachordes oder Quartenintervalles ein. Uebrigens war als Quarte von f, also mit der Schwingungszahl $\frac{9}{16}$ noch der Ton b zwischen a und h in jene Tonleiter eingeschoben, die bis in's 16. Jahrhundert, also noch während der höchsten Blüthe des niederländischen Contrapunktes, im Gebrauche blieb und erst dann durch die Scale

c	d	e	f	g	a	b	h	c_1
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{16}{9}$	$\frac{15}{8}$	2

verdrängt wurde, welche die Erkenntniß sämmtlicher einfacher harmonischen Verhältnisse verräth und womit zugleich die Octaven für immer die griechische Tetrachordeintheilung, welche bis dahin in der

theoretischen Musik noch nicht ganz verschwunden war, ersetzt hatten. Dieses System würde allen Anforderungen genügt haben, wenn die Stufen benachbarter Töne darin einander gleich wären; die Halbtöne aber zwischen e und f, zwischen h und c_1 (den Ton b lassen wir, als nicht zur eigentlichen Tonleiter gehörig, hier außer Betracht) gestatteten nicht eine Melodie um einen oder mehre Töne zu transponiren, ohne daß neue Halbtöne zwischen bereits vorhandene Stufen eingeschaltet wurden. So machte sich das Bedürfniß nach den Tönen cis und des, dis und es, fis und ges, gis und as, ais und b geltend, und schon mit dem Beginne des 16. Jahrhunderts war, wie man aus Sebastian Wirdung's Musika ersieht, demselben entsprochen worden. Allein Ordnung und innere Festigkeit gewann das Tonsystem erst im Laufe des 18. Jahrhunderts, als die mathematische Theorie dasselbe beleuchtete und die Nothwendigkeit der gleichschwebenden Temperatur nachwiesen wurde.

Da bis in's 16. Jahrhundert die Instrumentalmusik, insoweit wenigstens, als die höhere Kunst sich ihrer annahm, nur als Begleiterin des Gesanges diente, konnte der äußere Umfang des Tonsystems, welcher von den ersten christlichen Musikern in engem Anschluß an das griechische Musiksystem zu zwei Octaven angenommen war, nur nach der Höhe hin um eine Octave zunehmen, indem das Bereich der Sopranstimme hinzutrat. Die außerhalb der Grenzen A und a_2, also von 110 und 880 Schwingungen, liegenden Töne, zwei und eine halbe Octave nach der Tiefe und ebensoviel nach der Höhe hin, gehören der Instrumentalmusik ausschließlich an. Die tiefste und höchste dieser Octaven von 16,5 bis 33 und von 2112 bis 4224 Schwingungen, oder von C_{-2} bis C_{-1} und von c_4 bis c_5 sind dem Tonumfang der Orgel und des Pianofortes erst im Laufe des 19. Jahrhunderts zugesetzt worden.

Den Entwicklungsgang einer Kunst, welche so sehr Gemeingut Vieler ist, wie die der Musik, mit historischer Treue darzustellen, hat eigenthümliche Schwierigkeiten, und es ist mühselig und unfruchtbar zugleich, nachweisen zu wollen, wo und von Wem jeder einzelne Schritt zum Vollkommeneren zuerst gethan wurde. Indessen wird die Einsicht in die Entwicklung der Harmonie erleichtert durch den Umstand, daß die kunstmäßige Fortbildung der modernen Musik

viele Jahrhunderte lang im Dienste und unter der strengen Aufsicht der christlichen Kirche geschah, welche eine uniforme Behandlung der Kunst stets anstreben mußte. Zudem aber war die einfache mathematische Grundlage des Harmonischen sowohl als des Rhythmischen in der Musik, wie unvollkommen die Erkenntniß derselben in früheren Zeiten auch sein mochte, Ursache, daß der Fortschritt jener Kunst in einem Maße, wie bei keiner anderen, unter dem Einfluß theoretischer Forschung stand und somit die noch vorhandenen Werke der bedeutendsten Theoretiker in der That die allmälige Entwicklung der Musik mit größter Annäherung an die Wahrheit abspiegeln.

Der Ausdruck „Harmonie“ wurde bis in's 16. Jahrhundert, wo der große Meister Gioseffo Zarlino seine istitutioni harmoniche herausgab, in keiner anderen Bedeutung gebraucht, als heutzutage das Wort „Melodie“; aber das Organum des 9., 10. und 11. Jahrhunderts, der sich daraus entwickelnde Discantus oder Déchant des 12. und 13. Jahrhunderts, endlich der Contrapunkt des 14. und 15. Jahrhunderts enthalten die Regeln der gleichzeitigen Anwendung harmonischer Intervalle.

Schon Isidor, welcher als Bischof von Sevilla im Jahre 636 starb, spricht in seinen musikalischen Schriften von der Verbindung mehrer gleichzeitigen Töne und zählt fünf Consonanzen auf, die Octave, die Doppeloctave, die Quinte, die Octave mit der Quinte und die Quarte. Zu diesen fügte Huckbald, ein flandrischer Mönch (900 n. Chr.), noch eine sechste Consonanz, die Octave mit der Quarte, und gab in seinem Organum Anleitung, wie eine Hauptstimme von einer, zweien oder dreien Gegenstimmen in parallel mit ihr fortschreitenden Octaven, Quinten und Quarten zu begleiten sei, eine Fortschreitung, welche schon ihrer Einförmigkeit wegen von der neueren Harmonielehre gänzlich verworfen wird. Ob der Name Organum dazu berechtigt, anzunehmen, daß die ersten harmonischen Verbindungen an der Orgel aufgefunden wurden, muß dahin gestellt bleiben, da jener Name keineswegs für die Orgel allein, sondern für musikalische Instrumente überhaupt, insbesondere aber für Blasinstrumente gebräuchlich war. Auch hatte die Orgel in jenen Zeiten, da das Organisiren der Gesangstimmen aufkam, noch keineswegs eine für das Spielen von Harmonieverbindungen einladende

Einrichtung, da die Tasten mit den Füßen getreten, oder mit voller Kraft der Arme niedergeschlagen werden mußten. Die Vermuthung dagegen, daß das Mitklingen der harmonischen Obertöne in den Orgelpfeifen, deren drei erste die Intervallenverhältnisse der Octave, der Quinte, der Doppeloctave zum Grundtone, und die beiden letzten zueinander das Verhältniß der Quarte enthalten, Veranlassung war, ein ähnliches Stimmenverhältniß im Gesange zu versuchen, dürfte nicht zu gewagt erscheinen. Das Organum Guido's von Arezzo aus der ersten Hälfte des 11. Jahrhunderts hatte durchaus keine Vorzüge vor dem älteren Huckbald's; er zog die parallele Begleitung der Grundstimme in der Quarte derjenigen in der Quinte, oder, wie die lateinischen Schriftsteller jener Zeit sich ausdrücken, das Diatessonare dem Diapentissare vor. Ueberhaupt ist Guido als Erfinder der Notenschrift, sowie der Harmonie, in einigen unverdienten Ruf gekommen, was sich erklärt, wenn man weiß, daß der italienische Mönch als musikalischer Reiseprediger und Missionär einen großen Theil Europa's durchzog und seine Art des Organisirens, sowie namentlich seine Methode der Gesangeinübung mit entschiedenem pädagogischem Talente an vielen Orten einzuführen verstanden hat.

Aus dem Organum scheint sich der Discantus entwickelt zu haben, welcher nichts anderes bedeutet, als eine zweite begleitende Stimme, welche über der Hauptmelodie, dem Tenor, ausgeführt wurde. In den Werken Franco's von Köln, des bedeutendsten musikalischen Schriftstellers des 13. Jahrhunderts, finden sich sogar schon Regeln für den drei- und vierstimmigen Gesang. Nachdem der Anstoß einmal gegeben und das Discantiren im Kirchengesang zugelassen war, bemächtigte sich das natürliche musikalische Gefühl der neuen Kunst; das Discantiren wurde, namentlich in Frankreich, zur Leidenschaft; musikalisch begabte Natursänger suchten sich im Kirchengesang durch kühne Führung des Discants in solchem Grade auf Kosten des ernsten Zweckes hervorzuthun, daß Verordnungen zur Bewahrung der Würde des Kirchengesanges erlassen werden mußten, welche unter Anderem bestimmten, daß bei Todtenmessen niemals discantirt werden dürfe. In dieser Zeit scheint die Kunst harmonischer Tonverbindungen, welche vorher vorzugsweise Eigen-

thum der für den Kirchendienst errichteten Gesangschulen geblieben war, in's Volksbewußtsein übergegangen zu sein.

Ein höchst bemerkenswerther Fortschritt wurde durch Franco von Köln in der Kunst des harmonischen Satzes dadurch gemacht, daß er große und kleine Terzen, welche er unvollkommene Consonanzen nannte, im Discant anwendete und selbst schon Dissonanzen als Durchgänge von einer Consonanz zur andern einschaltete. Die strenge Kirchenmusik nahm nur allmälig solche Neuerungen an; in einer Bulle, welche Pabst Johann XXII. im Jahre 1322 zu Avignon gegen die Licenzen der Musiker erließ, indem er alle ihre Unternehmungen zur Verweltlichung des Kirchengesanges mit schweren Strafen bedrohete, ist die Begleitung der Grundmelodie in der Octave, in der Quinte und Quarte als eine erlaubte Kunst bezeichnet, der Terz aber ist darin nicht mit gleicher Gnade gedacht. Ja bis zu Ende des 16. Jahrhunderts ist eine Terzenscheu in den Schlußaccorden der Kirchencompositionen bemerkbar; ein Beweis, wie langsam das Ohr sich die Fähigkeit erwarb, das Schwingungsverhältniß 4 : 5 in so weit zu bemeistern, daß es ihm als ein einfaches und in keiner Art die Würde einer Harmonieverbindung störendes erscheinen konnte. Prätorius bemerkt, nachdem er die allmälige Entwicklung der Harmonie an der Orgel geschildert: „Sie haben auch nicht trauen dürfen, daß die Tertien und Sexten consonantiae wären, dieweil die alten Musici alle mit einander nicht zugeben, daß sie consonantiae sein sollen. Darum denn keiner so vorschnappig sein und so klug sich dünken lassen wollen, daß er dieß besser, als Ptolomäus, Boëthius, Euclides und andere fürtreffliche Musici wissen wollte.“ Euler, ein tiefer Kenner der Theorie, sagt geradezu, der wesentliche Unterschied der neueren und der alten Musik bestehe in der Kühnheit und Geschicklichkeit, welche allmälig gewachsen sei und sich ausgebildet habe, die complicirteren Intervalle anzuwenden. Franco nannte die Secunde, die übermäßige Quarte, die große und kleine Septime vollkommene Dissonanzen, die große und kleine Sexte unvollkommene Dissonanzen. Die letzteren, welche so gut wie die Terzen auf der Erfassung des fünftheiligen Zeitmaßes beruhen, sind seitdem zu Consonanzen geworden. Nichts Anderes kann diese Aenderung bewirkt haben, als

eine gesteigerte Uebung des musikalischen Gehörs, welches allmälig immer complicirterer Verhältnisse Meister wurde. Der Septimenaccord, bestehend aus dem Grundton, der großen Terz, der Quinte und kleinen Septime, deren Schwingungsverhältnisse 20 : 25 : 30 : 36 so nahe den einfacheren Zahlen 4 : 5 : 6 : 7 verwandt sind, dieser Accord, welcher eine so hervorragende Rolle in der neueren Musik spielt, wurde von Zarlino zuerst in die Compositionslehre eingeführt. Doch findet man schon in den Schriften des Joannes de Muris und des Marchettus von Padua zu Anfang des 14. Jahrhunderts richtige Begriffe über Dissonanzen und die Nothwendigkeit ihrer Auflösung. Der Letztere nahm die Quarte und Quinte als vollkommene Consonanzen gegen Franco von Köln in Schutz, welcher sie gegenüber dem Einklang und der Octave nur als sogenannte mittlere Consonanzen gelten ließ. Er wandte hie und da die kleine Secunde, die große Septime und große Quarte an, ein musikalisches Wagestück für die damalige Zeit, wie die Anwendung der übermäßigen Sexte und None zu Ende des 18. Jahrhunderts oder die Anwendung der großen Septime neben der Octave in jetziger Zeit.

Derselbe Fortschritt vom Einfacheren zum Zusammengesetzten, welcher in der Anwendung der Consonanzen an sich zu erkennen ist, herrscht auch in der Verbindung der Accorde untereinander, der Consonanzen und Dissonanzen, zu dem Ganzen eines Harmoniegewebes. Die Erfinder der Harmonie tasteten gleichsam im Dunkel vorwärts, ausschließlich geleitet von ihrem musikalischen Gefühl; ihr Weg war nicht durch die Fackel akustisch-musikalischer Theorie beleuchtet, und auch heutzutage noch kennt diese Theorie keine andere Aufgabe, als nachzuweisen, wie der unbewußte Entwicklungsgang des Kunstgenius einen höchst einfachen natürlichen und mathematischen Grund hatte.

In den früher angegebenen Dreiklängen sind die mehrstimmigen Consonanzen, welche sich innerhalb einer Octave bilden lassen, erschöpft. Vollkommen consonirende Vierklänge müßten nothwendig die Wiederholung eines bereits angewendeten Tones in der höheren oder tieferen Octave enthalten. Alle aus den zwölf Tönen einer Octave gebildeten Vierklänge sind nothwendig dissonirend; aber der

Grad der Dissonanz kann ein sehr verschiedener sein. Wenn der vierte, zu einem Dreiklange hinzukommende Ton mit zwei Tönen des letzteren consonirt, und auch die Dissonanz mit dem dritten Ton nicht schärfer ist, als sie das Intervall $\frac{10}{9}$ (logarithmisch = 152) giebt, wird der Accord ein einfach dissonirender genannt. Diesen Anforderungen kann ein Ton nicht genügen, welcher in die Intervalle der großen oder der kleinen Terz des Dur- oder Molldreiklanges eingeschaltet wäre, es giebt daher in unserem practischen Tonsystem nur die folgenden einfach dissonirenden Vierklänge

C, E, G, B; C, E^b, G, B; C, E, G, A; C, E^b, G, A,

deren dritter aus dem zweiten allein durch Versetzung des Grundtones in die höhere Octave hergeleitet werden kann; während man den vierten nach Versetzung des höchsten Tones A in die tiefere Octave auch so schreiben kann : C, E^b, G^b, B. Somit bleiben die folgenden drei einfach dissonirenden Vierklänge :

Hauptseptimenaccord	C : E : G : B	= 20 : 25 : 30 : 36
Weicher Septimenaccord	C : E^b : G : B	= 10 : 12 : 15 : 18
Kleiner Septimenaccord mit kleiner Quinte	C : E^b : G^b : B	= 25 : 30 : 36 : 45.

Wenn der vierte Ton mit zwei Tönen des zu Grunde gelegten Dreiklangs dissonirt, wie z. B. in den Accorden C, F, A^b, B und C, E^b, A^b, B, in welchen der vierte Ton nicht in die Quartenintervalle C F und E^b A^b, sondern in das Terzintervalle A^b c eingeschaltet erscheint, so heißt der Accord ein doppelt dissonirender. Diesen Namen erhalten die Accorde auch dann noch, wenn das doppelte Dissoniren mit einem Tone stattfindet, welcher zwar nicht wirklich in dem Accorde enthalten ist, aber in der Vorstellung nothwendig ergänzt wird, wie z. B. in dem fünfstimmigen Nonenaccorde C, E, G, B, d die Octave des Grundtones. Von noch geringerem Wohlklange sind die blosen Vorhalte oder zufälligen Dissonanzen, welche durch Veränderung einer oder mehrer ihrer Töne um eine einzige Stufe in consonirende oder doch nur einfach dissonirende Accorde übergehen. Der verminderte Septimenaccord Cis : E : G : B = 75 : 90 : 108 : 125, aus drei übereinanderliegenden kleinen Terzen gebildet, und der dreistimmige Accord C F B, aus

zwei aufeinandergebauten Quarten bestehend, sind Beispiele aus dieser ungemein zahlreichen Klasse von Dissonanzen.

Die Aufeinanderfolge verschiedener Accorde ist dem musikalischen Gefühl um so angemessener und faßlicher, in je einfacherem Verhältnisse die Schwingungszahlen des folgenden Accordes zu denjenigen des vorhergehenden stehen. Die Folge der Accorde C, F, A, C und C, E, G, c zum Beispiel ist darum weder störend noch aufregend, weil die Schwingungsverhältnisse 12 : 16 : 20 : 24 des ersteren zu den Verhältnissen 12 : 15 : 18 : 24 in sehr einfacher Beziehung stehen, zumal da der tiefste und höchste Ton in beiden Accorden ganz die nämlichen sind. Bei dem Uebergang von C, E, G, c in Cis, Eis, Gis, cis dagegen, also von 96 : 120 : 144 : 192 in 100 : 125 : 150 : 200 findet sich das Gehör durch die plötzliche Steigerung der Schwingungszahlen in dem wenig einfachen Verhältnisse von 24 : 25 überrascht, und es gehört eine gewisse Zeit dazu, bis die Vergleichung zwischen dem, was war und dem, was ist, überwunden wird und das Ohr sich ausschließlich dem Genuß des an sich consonirenden neuen Accordes hingiebt. Hierauf beruht der Unterschied zwischen näherer und entfernterer Verwandtschaft der Tonarten. Ohne Zweifel ist auch durch die nämliche Ursache der unangenehme Eindruck bedingt, welchen das Aufsteigen in nebeneinanderliegenden Quinten, Quarten und Terzen dem feinen musikalischen Gehör bereitet, das selbst eine Aufeinanderfolge von Octavgängen nicht vollkommen gut zu heißen vermag.

Eine Dissonanz wirkt im Allgemeinen um so unbefriedigender, je geringer die Aenderung ist, durch welche sie einer gefälligen Consonanz zugeführt werden kann. Das Ohr begehrt die Auflösung durch Aufsteigen oder Absteigen vom dissonirenden Tone aus, je nachdem der Ton, welcher an seiner Statt die Consonanz herzustellen vermag, näher nach Oben oder nach Unten zu finden ist. Nur dann, wenn der Abstand nach beiden Seiten gleich ist, erlaubt das musikalische Gefühl die Auflösung nach beiden Seiten hin mit gleicher Bereitwilligkeit. Es wird aus diesen Erörterungen im Allgemeinen verständlich, daß unter einem Leitaccorde eine Dissonanz zu verstehen sei, welche in dem musikalischen Gefühl das unzwei-

deutige Verlangen nach der ihr zur Auflösung dienenden Consonanz erregt.

Diese Regeln, welche jetzt längst im Bewußtsein jedes Componisten lebendig sind, wurden von dem musikalischen Sinne nur ganz allmälig herausgefühlt. Wenn auch schon Marchettus von Padua und Joannes de Muris im Beginne des 14. Jahrhunderts erkannt hatten, wie eine Dissonanz aufzulösen sei, und daß zwei vollkommene Consonanzen nicht in gerader Bewegung aufeinander folgen sollen, wenn auch die fortschreitende Kunst des Contrapunktes immer häufigere Dissonanzen wenigstens auf dem schlechten Tacttheile oder als Verzögerung eines consonirenden Accordes anzuwenden lehrte, so durfte doch Luther mit Recht sagen, daß bis auf Josquin de Prés, Ende des 15. Jahrhunderts, die Componisten nur noch musikalisch buchstabirten, jener Meister aber zuerst in verschiedenen Stylgattungen fließend zu schreiben verstanden habe. Wie weit selbst die Compositionen des hundert Jahre später lebenden unsterblichen Meisters Giovanni Pierluigi da Palestrina von dem Character der heutigen Musik abweichen, möge das Urtheil Krause's bestätigen, welcher sagt: „In Palestrina's Werken findet sich meist reine, wenig vorbereitete und vermittelte, durch chromatische Töne nur selten gemilderte Accordenfolge, im raschen Fortschreiten in entferntere Tonarten, deren Grundtöne in der diatonischen Scale liegen, nur seltener und dann bestimmt motivirter Gebrauch der Septimen und des Nonenaccordes und überhaupt nur sparsamer, aber desto wirksamerer Gebrauch der Chromatik. Dieser Styl hat einen bleibenden Werth für alle Zeiten, als eine in ihrer Art vollendete, im Geist und Gemüth des Menschen tief begründete Kunstgattung.“ Die Kunst, das musikalische Gehör mittelst mannichfacher Vorbereitung und mittelst der leisesten Uebergänge durch die Irrgänge aller Tonarten gleichsam hindurch zu schmeicheln, die plötzlichen Uebergänge aber für beabsichtigte grellere Effekte zurückzubehalten, gehört neueren Zeiten an. Bei den auf's Höchste getriebenen Zierrathen und Subtilitäten der contrapunktischen Composition vor Palestrina war es auf ganz andere Dinge abgesehen, als auf wirkliche Befriedigung des musikalischen Gehörs. Diese Künsteleien bestanden in der Umkehrung musikalischer Sätze, in ihrer

Nachahmung in verschiedenen Stimmen, in fugenartigen Compositionen, welche recte et retro d. h. vorwärts und rückwärts gesungen werden konnten, Kunststücke, welche bei den damals noch geringen Mitteln harmonischer Combination zu den größten Härten und Widernatürlichkeiten führen mußten. Die jeder ächten Kunst fremden Probleme, welche sich die Componisten jener Zeit stellten, sind denjenigen der Dichter zu vergleichen, welche es sich zur Aufgabe machen, jede Zeile eines Gedichts mit einem bestimmten Buchstaben anzufangen, oder im ganzen Gedicht einen gewissen Buchstaben zu vermeiden, oder endlich die Worte so zu wählen, daß eine Zeile vor- und rückwärts gelesen werden kann. Jene Ausartungen theoretischer Schulweisheit, verbunden mit dem Mißbrauch, Messen über die Grundmelodie weltlich-frivoler Lieder zu componiren *), hätten das mit der Reinigung der Kirchenmusik beschäftigte Concil zu Trient beinahe vermocht, Figuralmusik und Contrapunkt aus der Kirche zu verbannen, wenn nicht Palestrina durch mehre eigens zu diesem Zwecke componirte Musikstücke eine im Jahre 1565 ernannte Commission von acht Cardinälen überzeugt hätte, daß der Contrapunkt, richtig angewendet, der Würde der Kirchenmusik keineswegs Eintrag thue.

Daß selbst Jahrhunderte nach der Erfindung des Contrapunktes das Wohlgefallen am alten Organum, d. h. an Quinten-, Quarten- und Octavengängen noch nicht überwunden war, daß selbst bis zum 17. Jahrhundert die Schlußaccorde noch dem Organum gemäß blieben, bis man endlich eine Terz, und zwar lange Zeit nur eine große Terz, einzumischen wagte, da man bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts nicht leicht in Moll schloß, daß man in den ersten Jahrhunderten der Ausübung des Contrapunkts nur nach der Harmonie der Stimmen unter sich strebte, ohne Acht auf das

*) Daß solche Ausartungen des Geschmacks wiederkehren, beweist ein im Jahre 1835 in Avignon erschienenes Werk : Concerts spirituels ou recueil des Motets pour les offices et les saluts des fêtes solennelles, worin der Text : lauda Sion salvatorem zu Don Juans Champagnerliede; docti sacris institutis zu Leporello's „keine Ruh' bei Tag und Nacht"; inviolata, integra et casta Virgo Maria zu Weber's Jungferntanz enthalten ist.

mehr oder minder Gefällige in der Aufeinanderfolge der Accorde — Alles dieß sind sprechende Zeugnisse, daß die harmonische Composition eine erworbene Kunst ist, welche nur mit der Ausbildung und Verfeinerung des musikalischen Gehörs fortschreiten konnte. Daß die Entwickelung jener Kunst noch fortdauert, daß Dissonanzen von immer höherer Ordnung in Gebrauch genommen und damit die Mittel der musikalischen Färbung und Schattirung vermehrt, sowie die Stetigkeit der Uebergänge vervollkommnet werden, leidet keinen Zweifel. Ob es hierin eine Grenze giebt, bei deren Ueberschreitung das Ohr einer Verbildung geziehen werden könnte, und wo diese Grenze liegt, kann nur vor dem Richterstuhl besonders berufener, hochbegabter Künstler entschieden werden, da die Wissenschaft noch weit davon entfernt ist, dem Geschmack einen Maßstab zu bieten.

Einige Kunstrichter berühmten Namens scheinen es von Vornherein als absurd angenommen zu haben, daß eine Kunst Werth haben könne, welche erst nach der Zeit des klassisch griechischen Alterthums Trieb und Entwicklung fand. Sulzer erklärt die Harmonie für eine überflüssige, Rousseau sogar für eine verwerfliche Beigabe der Musik. Der Letztere sagt in seinem dictionnaire de musique in dem Artikel Harmonie: „Wenn wir bedenken, daß von allen Völkern der Erde keines ohne Musik und Melodie ist, jedoch nur die Europäer Harmonie und Accorde haben und ihre Mischung angenehm finden, wenn wir bedenken, wie viele Zeitalter die Welt bestanden hat, ohne daß eine der Nationen, welche die feinen Künste cultivirt haben, diese Harmonie kannte, daß kein Thier, kein Vogel oder Wesen in der Natur einen anderen Ton als den Einklang, oder andere Musik, als blose Melodie hervorbringt, daß weder die morgenländischen, so klangvollen musikalischen Sprachen, noch die mit so vieler Feinheit und Empfindlichkeit begabten und mit so viel Kunst gebildeten Ohren der Griechen, jemals dieses enthusiastische und wollüstige Volk zur Entdeckung unserer Harmonie führten, daß ihre Musik ohne dieselbe so wundervolle Wirkungen hatte und unsere mit ihr so schwache, wenn wir bedenken, daß es einem nordischen Volke, dessen grobe und stumpfe Organe mehr durch die Stärke und das Getöse der Stim-

men, als durch die Süßigkeit der Accente und die Biegungen der Melodie gerührt werden, aufbehalten war, diese große Entdeckung zu machen und alle Grundsätze und Regeln der Kunst darauf zu bauen, wenn wir dieß Alles bedenken, so ist schwer der Argwohn zu vermeiden, daß alle unsre Harmonie, auf die wir so stolz sind, nur eine gothische barbarische Erfindung sei, an die wir nie gedacht haben sollten, wenn wir mehr Gefühl für die wahren Schönheiten und für eine wahrhaft natürliche und rührende Musik hätten." Sulzer führt zur Begründung seines Urtheils neben dem Umstand, daß die gebildeten Völker des Alterthums keine Harmonie kannten, noch an, daß viele Völker Tanzgesänge, daß wir selbst Tanzmelodieen haben, welche ohne harmonische Begleitung sind. "Daß die zum Behufe des Tanzens gemachten Gesänge" fährt er fort "das eigentliche Werk der Musik sind, daran kann Niemand zweifeln, der bedenkt, daß die Bewegung und der Rhythmus, folglich Das, was in der Musik gerade das Wesentliche ist und den Gesang zu einer leidenschaftlichen Sprache macht, in denselben am Vollkommensten beobachtet werden. Nun wird Niemand in Abrede stellen, daß vortreffliche Tänze ohne Rücksicht auf Harmonie gemacht werden. Also ist die Harmonie zur Musik nicht nothwendig." Solche Urtheile erwecken mehr durch ihre Sonderbarkeit Interesse, als daß sie zu ernstlicher Widerlegung auffordern könnten. Die Harmonie ruht auf einem Grunde, welcher auch der Melodie eigen ist, auf der näheren oder entfernteren Verwandtschaft der Töne. Allerdings fordert es mehr Sammlung des musikalischen Sinnes, größere Elasticität der musikalischen Phantasie, ein mit Harmoniegeweben ausgestattetes Thema zu erfassen und in allen seinen ästhetischen Bezügen zu verstehen, als es die durchsichtigere Melodie für sich verlangt. Ein in schlaffer Sinnlichkeit befangenes Volk wird sich ausschließlich melodiösem Klingen hinneigen, wie andererseits auch das Wohlgefallen an rein abfließenden Accorden an sich zu sinnlichem Genuß werden kann; aber wo beide musikalische Mächte mit Geist zur Bildung von Tonformen benutzt sind, da können sie auch den Geist erfassen und erheben. Die Harmonie verhält sich für den Componisten zur Melodie, etwa wie die Farbengebung und Schattirung in der Hand des Malers zur Zeichnung der Umrisse; die

Harmonie bildet, wo sie von Meisterhand geschaffen ist; die erklärenden Noten zum Texte der Melodie und macht nicht selten Sinn und Bedeutung derselben erst recht offenbar. Welcher Componist möchte sich jetzt noch der Mittel begeben, die ihm durch die Wahl des Dur- oder Molltongeschlechtes, durch die seltenere oder häufigere Anwendung der Dissonanzen, durch die vollständigere oder unvollständigere Vorbereitung derselben, durch die größere Kühnheit der Modulation oder durch ihre sparsamere Verwendung zu Gebote stehen? Man kann mit Sulzer den Rhythmus für das Wesentlichste in der Musik halten, ohne darum in dem Wirbel der Trommel mehr oder ebensoviel Musik zu finden, als in dem Choral von vollendetstem harmonischen Satze, dessen Noten in gleichem Zeitmaße gesungen werden.

Es besteht eine Analogie, welche, auf dem guten Grunde ähnlicher physikalischer Verhältnisse erbaut, durch ein an sich unverwerfliches Streben nach Einheit, durch den Wunsch, die Gebiete zweier schönen Künste einander näher zu rücken, allzuweit fortgeführt wurde, die Analogie zwischen Farben und Tönen. Newton unterschied schon mit Rücksicht auf die sieben Töne der diatonischen Scale die bekannten sieben Farben des Regenbogens: Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett, obgleich bei dem ganz stetigen Uebergang dieser Farben im gebrochenen Sonnenstrahle ihre Zahl unbegrenzt anzunehmen ist. Vom äußersten Roth bis zum Violett steigen die Schwingungszahlen etwa von 420 bis 840 Billionen in der Secunde, das Auge umfaßt daher nur Eine Octave, während dem Ohre ein Gebiet von mehr als elf Octaven zugänglich ist. Unger hat die folgende Vergleichung der Farben- und Tonverhältnisse aufgestellt:

Ton	Schwingungszahl		Farbe	Ton	Schwingungszahl		Farbe
C	435	Billionen	Carmoisin	Fis	615	Billionen	Blaugrün
Cis	461	„	Hochroth	G	652	„	Blau
D	488	„	Feuerroth	Gis	691	„	Indigo
Dis	517	„	Orange	A	720	„	Violett
E	548	„	Gelb	B	775	„	Lilla
F	581	„	Gelbgrün	H	821	„	Purpur.

Die Verbindung Carmoisinroth, Gelb und Blau, welche man in den Gemälden der ersten Meister vorzugsweise angewendet findet,

entspricht dem C dur-accorde; nur in der Frescomalerei, bemerkt Unger, wo man das reine Roth nicht leicht erreichen könne, werde ein um einen halben Ton tieferer Accord, Purpur, Orange und Blaugrün, vorherrschend, wie man sich unter Anderem bei Betrachtung der Pompejanischen Wandgemälde überzeugen könne. Es scheint bei solcherlei Betrachtungen, wie anziehend dieselben übrigens erscheinen mögen, übersehen zu sein, daß das Auge die Fähigkeit der Erfassung von Schwingungsverhältnissen, also einer Intervallenbestimmung, wie sie das Ohr besitzt, gar nicht hat. Niemand wird bei der Combination von Roth, Gelb und Blau eine geringe Abweichung der gelben und blauen Farbe von den im Dreiklang geforderten Schwingungsverhältnissen in dem Grade unangenehm empfinden, wie das Ohr eine entsprechende Abweichung der Terz und Quinte von der Reinheit; ja in den meisten Fällen wird eine solche Abweichung überhaupt nicht bemerkt werden. Daher erklärt es sich, wie zwei Farben sich zu einem homogenen Mitteltone, wie alle Farben des prismatischen Bildes sich zu Weiß mischen können, da die Geistesthätigkeit nicht auf die Erfassung der Schwingungsverhältnisse gerichtet bleibt, wie dieß bei den Tönen der Fall ist. Ein gleichzeitiges Erklingen sehr vieler über eine Octave verbreiteter Töne würde dem Ohr den abschreckenden Eindruck eines entsetzlichen Tongewirres bereiten, während das Auge das aus der Mischung aller Farben hervorgehende Weiß ohne Schmerzen empfindet. Schon in den über das Bereich der musikalischen Töne hinausgehenden Octaven, von der fünfgestrichenen Octave an aufwärts, wird die Intervallenbestimmung auch für geübte Musiker schwierig, in der sieben- und achtgestrichenen Octave verliert sich die Bestimmbarkeit der Intervalle ganz, und die unverhältnißmäßig rascheren Schwingungen des Lichtäthers scheinen jede Möglichkeit einer derartigen Bestimmung auszuschließen. Das Mißfallen, welches die Nebeneinanderlagerung nur wenig verschiedener Farbentöne in uns erregt, mag allerdings an die Dissonanz einander nahe liegender Töne erinnern, aber man darf nicht übersehen, daß es sich bei den Farben um streng geschiedene, nebeneinanderliegende, bei den Tönen um gleichzeitige, von den nämlichen Nerventheilen aufgenommene Eindrücke handelt. Eine Farbenmusik in dem strengen

Sinne des Wortes, zu vergleichen einer harmonischen Composition, würde andere Qualitäten des Auges voraussetzen.

Nur möge man derartige Ausschreitungen, sowie die Ueberschätzung der mathematischen, mechanischen und dynamischen Momente der Musik nicht der Naturforschung zur Last legen. So sehr der unläugbare Zusammenhang zwischen einfachen Schwingungsverhältnissen und dem Wohlklang dazu aufzufordern scheint, so ist es doch niemals einem Naturforscher in den Sinn gekommen, es könne ihm gelingen, die Schönheiten einer Mozart'schen Sonate oder einer Beethoven'schen Symphonie durch ein Rechenexempel nachzuweisen, die wunderbaren Wirkungen, welchen ein reizbares Nervensystem durch die Musik unterliegt, oder gar die Eindrücke, welche einem sensiblen Gemüth durch Harmonie und Melodie bereitet werden, auf die Gesetze der Resonanz zurückzuführen, welche Thüren und Fenster eines Concertsaales erschüttern. Der consequente Gedanke der Forschung schließt auch die Möglichkeit der Lösung jener Probleme in einer fernen Zukunft nicht aus; und was uns als freie Geistesthätigkeit erscheint, mag wohl ebenso gewiß unbeugsamen Gesetzen unterthan sein, als der Fall des fließenden Wassers, als der Weg des Schalles und Lichtes; denn es ist „alles geordnet nach Maß, Zahl und Gewicht" *).

Von einem einfachen Dreiklang bis zur Symphonie ist ein weiter Weg, so weit, wie von Unger's Farbendreiklang zu einer Raphael'schen Stanze, von einer Säule oder einem Spitzbogen zum griechischen Tempel oder gothischen Dome. Um die Vorzüge eines musikalischen Meisterwerkes zergliedernd nachzuweisen, bedarf es des Verständnisses der Seelenthätigkeiten und der Ansprüche der Phantasie ebensowohl, wie der Kenntniß von Septaccorden und Rhythmenfolgen. Ebenmaß und Contrast, die Beziehungen aller Theile des Kunstwerkes zum Ganzen, die Mannichfaltigkeit in der Einheit, sind alles Bedingungen der Schönheit, deren Wirkungen auf die Seele noch niemals gemessen wurden. Wie soll man da rechnen können?

---

*) Weisheit Salomonis, Cap. 11, Vers 22.

Keiner unserer Sinne steht in so naher und so umfassender Verbindung mit den Empfindungsnerven unseres ganzen Körpers, als das Gehör. Daher rührt zweifellos ein großer Theil der unmittelbaren Wirkungen der Töne. Wie die Saite unter dem Einfluß gleichgestimmter Klänge erzittert, so beben sämmtliche Empfindungsnerven unseres Körpers, wenn der Gehörnerv von den Schallwellen des Luftmeeres erschüttert wird. Die Macht der Rhythmik dringt auf diesem Weg zu uns, sie hebt als Tanzmusik die Füße, oder treibt uns im stürmischen Marsche unaufhaltsam voran. Dieß ist aber keine Musik im höheren Sinne, sondern nur eine ihrer elementaren Mächte, deren Gewalt selbst die Thiere mit uns empfinden, auf welche sie wirkt, wie der Goldglanz auf den Raben, oder die rothe Farbe auf den Stier.

Auf wilde Völker wirkt Musik gerade der rohesten Art am Stärksten. Der heidnische Priester der Bratski's, welche die Ufer des Baikalsee's und der Lena bewohnen, die Zauberin, vor welchen die Teleuten anbetend niederfallen, gerathen, das schellenbehangene Tambourin schlagend, in wüthende Verzückungen; die Indianer des Westens führen ihre Tänze beim Schalle der Trommel, der knochenbehangenen Rassel, des mit Kieseln gefüllten Kürbiß, oder bei dem Knalle gespaltener Holzstücke aus.

Möglich, daß selbst einige der im Alterthume und Mittelalter so gepriesenen medicinischen Wirkungen der Musik, welche nach Lichtenthal sich auf die Heilung von Gicht, Epilepsie, Pest, Fieberwahnsinn und selbst der Dummheit erstrecken sollen, auf solch' eindringlicher Nervenerschütterung beruhen. Aber warum Baptista Porta der Ansicht war, daß die Töne einer aus Helleborus geschnitzten Flöte Wassersucht, solcher aus Pappelholz Hüftweh und aus Zimmetrohr Ohnmachten zu heilen vermöchten, wird wohl so leicht Niemand ergründen. Die Anwendung der Musik bei Geisteskrankheiten, welche in den Hospitälern in Wien und in der Salpetrière zu Paris bis zur Ausführung von Vocal- und Instrumentalconcerten, allein durch Irre, gediehen ist, läßt auf keinen Fall eine nur mechanische Erklärung zu.

Die Musik als Naturgewalt ist nirgends glänzender verherrlicht, als in den Sagen der Inder, welche nicht nur berichten, daß

Menschen und Thiere ihr blindlings Folge leisteten, sondern, daß selbst die leblose Natur den Ragi's, welche der Gott Mahedo in Gemeinschaft mit seiner Gemahlin Parbutea componirte, unterthan war. Mia-Tousine, ein berühmter Sänger aus der Zeit des Kaisers Akber, sang einst mitten am Tage einen Raga, welcher der Nacht geweiht war, und siehe, es schwand die Sonne *) und Dunkelheit verbreitete sich um ihn, so weit seine Stimme reichte. Ein anderer jener Ragi's besaß die Kraft, den Sänger in Feuer aufgehen zu machen, welcher ihn zu singen wagte. Akber befahl einem Musiker, jenen Raga zu singen, während er bis an den Hals im Flusse Djemnah stand. Der Unglückliche verbrannte mitten im Wasser.

So wenig die subjectiven Empfindungen, welche die Musik in dem Hörer wachruft, einen Maßstab für die ästhetischen Vorzüge der Composition **) geben können, welcher vielmehr in dem musikalischen Gehalt selbst, in der Schönheit der Tonformen zu suchen ist, so wenig kann es Jemanden einfallen, die vorzugsweise und unmittelbare Wirkung dieser herrlichen Kunst auf die Empfindung in Abrede zu stellen. Die Empfindung freilich ist ein sinnlicher Act, ihrer ist der gebildete Mensch wie der rohe, ja das Thier ist ihrer fähig. Auch ist es nur das sinnliche dynamische Moment, welches die Musik mit den Empfindungen gemein hat, wovon sie, wenn man so sagen darf, ein akustisches Daguerreotyp entwirft, mit ihren Mitteln der Rhythmik, der weiten oder engen Tonfolge, des gebundenen oder abgesetzt gebrochenen Vortrages, des Piano und Forte.

Unendlich verschieden nach der Individualität und dem Grade der Bildung, ein Ergebniß alles vorangegangenen Seelenlebens sind die Gefühle, welche bei dem geistigen Anschauen einer Tondichtung

*) Dergleichen geschah zuerst im 19. Jahrhundert wieder. Pariser Blätter meldeten, so herrlich habe Dreyschock auf dem Piano gespielt, daß die Kerzen heller erglänzten in ihren krystallenen Kelchen.

**) Anstatt eigener Ausführungen verweisen wir den Leser auf die Schrift: Vom Musikalisch-Schönen von Dr. Eduard Hanslick, worin der Verfasser obigen Satz auf dem Grunde der ästhetischen Principien Vischer's in höchst geistreicher Weise entwickelt.

im Gemüthe des Hörers auftauchen, eine unmittelbare Folge der Empfindungen, welche das kunstvolle Gewebe von Harmonie und Melodie erregte. In unserem Innern ist das Sinnliche mit dem Geistigen, der unbewußte Vorstellungs- und Denkproceß mit dem bewußten Denken und Urtheilen innig verbunden und mannichfach verwoben. Ist es schon

— — — mit der Gedankenfabrik
Wie mit einem Webermeisterstück,
Wo Ein Tritt tausend Fäden regt,
Die Schifflein herüber hinüber schießen,
Die Fäden ungesehen fließen,
Ein Schlag tausend Verbindungen schlägt,

so herrscht noch ein tausendfach mannichfaltigeres und schwieriger zu entwirrendes Leben und Weben, wo Empfindungen und Gefühle vorwiegend mit eintreten. Darum wird es ein vergebliches Bemühen sein, nachweisen zu wollen, diese Melodie drücke unverkennbar und unzweideutig Sehnsucht, jene Liebe, eine andere Wuth aus. Wie der Zorn rasch in der Seele auflodert, aber die heiße Flamme bald wieder in sich selbst zusammensinkt, oder wie der Affect auf- und abtobt, wenn er sich zur Wuth steigert, einem vom Orkane gepeitschten Meere vergleichbar, bis der Gegenstand der Wuth vernichtet ist oder die physische Kraft ohnmächtig unterliegt, so kann der Tondichter in seinem Werke raschen und grellen Wechsel hoher und tiefer Tonlagen, des Piano und Forte mit Fortissimo entfalten, er kann die Töne in den heftigsten Rhythmen stürmen lassen. Aber die Deutung des Hörers kann auf wüthende Eifersucht ebensowohl wie auf kriegerische Leidenschaft, ja auf ungebundene Fröhlichkeit und Lust gehen. Wenn das legato des Vortrages ganz allgemein innerlich verhaltenem, meist sehnsüchtigem und zartem Gefühle gilt, so können die kurz und rasch abgesetzten Töne ebensowohl dem Ausdruck der Kälte oder Heftigkeit, als des Komischen dienen.

Für den sinnlich rohen Menschen bildet die Musik eine sinnliche Gewalt, die ihn in wilde Lust und zu kriegerischen Thaten fortzureißen vermag. Es braucht, um dieß einzusehen, nicht so ungeheuerlicher Beispiele, wie das des Ericus bonus, Königs von Dänemark, welcher einst, als er dem Zauber der Töne sich zu überlassen gedachte, vorsichtig zuvor alle Waffen entfernen ließ, dann aber,

als der Sänger die Gemüther zur Raserei entflammte, durch die Thüre brach, zum Schwerte griff und vier der Umstehenden um's Leben brachte. Verständlicher ist der Kampf, welchen Eduard I, König von England, mit der Musik bestand. Als er nach achthundertjährigen vergeblichen Bemühungen seiner Vorfahren Wallis erobert und mit England vereinigt hatte, ließ er alle Barden des Landes hinrichten, weil ihm das tapfere Bergvolk so lange nicht sicher dünkte, als es noch die Freiheitsgesänge aus jener Munde zu den Klängen der Harfe vernahm. Frankreichs König verbot in Paris den Kuhreigen der Alpen zu spielen, da die Schweizergarden, von diesen Tönen ergriffen, schaarenweise nach ihren heimischen Bergen eilten.

Auch in dem gebildetsten Gemüthe vermag die Musik nicht, solche Gefühle zu erwecken, in welchen das sinnliche Moment der Empfindung ganz zurücktritt. Wie sollte es möglich sein, Gefühle der Dankbarkeit, Gefühl für Recht und Wahrheit durch einen Instrumentalsatz hervorzurufen? Aber wie die Anschauung des Schönen überhaupt, so können auch vollendete Tonformen der Antrieb zu jeder höheren sittlichen Regung werden, ja selbst schöpferische Geistesthätigkeit vermag die Macht der Töne zu wecken. Ein großer Naturforscher, dessen Name am Wohnort des Verfassers in unvergänglichem Andenken steht, bekannte, daß nicht selten beim Anhören musikalischer Meisterwerke unter den Klängen der Melodie die fruchtbarsten Gedanken, die glücklichsten Combinationen sich wie durch einen Zauber seinem Geiste darboten.

Niemals kann der ächte Tondichter sich die Aufgabe stellen, diese oder jene Empfindung in Tönen auszudrücken; er componirt, weil eine Melodie in ihm erklingt, weil die Tonformen vor seinem inneren Ohre sich fügen und gestalten, wie die Formen eines Domes vor der Phantasie des Baumeisters, wie Gruppirung des Ganzen und der Ausdruck des Einzelnen im Geiste des Malers oder des Bildhauers. Die Ausarbeitung einer Tondichtung erfordert Fleiß und umsichtige Sorgfalt, damit ein kunstgerechter Periodenbau, eine reiche und doch ebenmäßige Entfaltung rhythmischer und melodischer Motive aus Einem musikalischen Grundgedanken den Gesetzen der Schönheit entspreche. Zur vollen Ausübung seiner Herrschergewalt gelangt der Tondichter dann, wenn er mit der geistigeren Macht

der Melodie die Wirkung der Harmonie und Instrumentirung verbindet, wenn er der einfachen Weise die Ausstattung der Accorde, der Consonanzen und Dissonanzen, der schlichteren oder kühneren Modulation, sowie der mannichfaltigen Klangfarben der Instrumente giebt. „Die stolze Melodie eines Siegesmarsches schreitet in C dur in den glänzenden Farben der Trompeten und Posaunen einher, während die klagende Weise in A moll-accorden des Streichquartetts, der Clarinetten und Flöten das Herz des Hörers rührt“.

Am Weitesten tritt der Tondichter da aus der ihm eigenen Sphäre, wo er anstatt des subjectiv Innerlichen die äußeren Erscheinungen darzustellen, in Tönen zu malen sucht. Zwar sind selbst die größten Meister solchen Versuchen nicht fremd geblieben. In Haydn's Schöpfung ist der stolze Lauf des Rosses, es sind die Sätze des gelenkigen Tigers, das Kriechen des Gewürms durch die Musik wiedergegeben, an der Stelle des Mozart'schen Requiems: lacrimosa dies illa, qua resurget ex favilla, judicandus homo reus, ahmt die Musik die Bewegung der aus den Gräbern erstehenden Menschen nach. Allein nur selten kann eine solche Malerei in Tönen ohne Störung der höheren Kunstwirkung gelingen; zumal da die Nachahmung objectiver Erscheinungen, welche den Tonverbindungen an sich so ferne stehen, immer unvollkommen bleibt und meist eine so bunte Mischung von Rhythmik und Melodik verlangt, daß das Ganze vielmehr zu einer Art Rebus, zu einem Spiel für den Verstand wird, als daß es das musikalische Schönheitsgefühl befriedigen und dauernd beschäftigen oder gar das Gemüth ergreifen könnte.

7. Die harmonischen Obertöne. Schwingungen von Platten, Glocken, Häuten und Stäben. Resonanz.

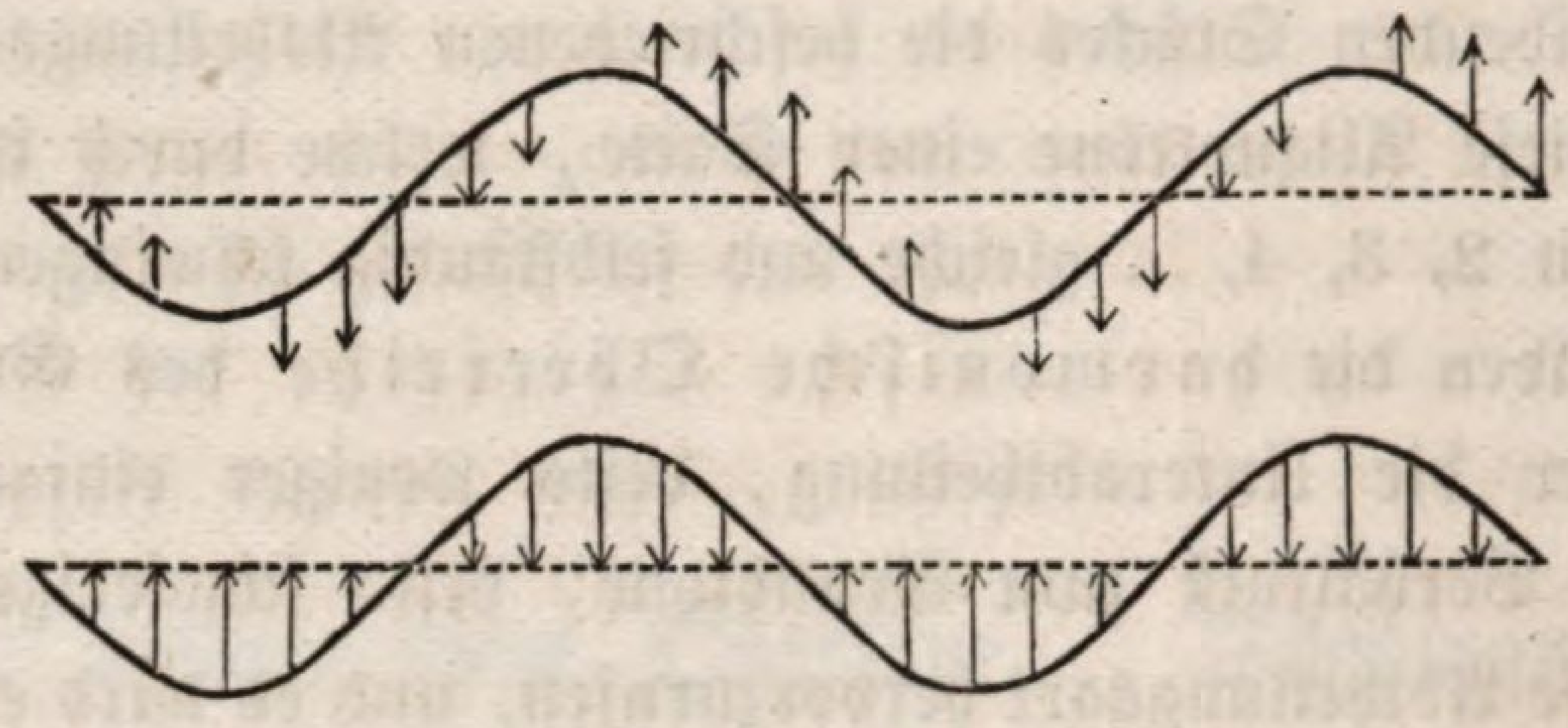
Die Streichinstrumente besitzen außer den Tönen, welche die freischwingenden oder die auf dem Griffbrete verkürzten Saiten geben, noch ein höheres Register in den sogenannten Flageolettönen. Auf der Violine wurde dasselbe durch die Virtuosität Paganini's in neuerer Zeit zu ausgedehnterer und allgemeinerer Anwendung erhoben. Der Künstler, welcher auf der e_2 Saite z. B. die zweite Oberoctave e_4 angeben will, berührt diese Saite in ein Viertel ihrer Länge, vom Sattel aus gerechnet, mit dem Finger, ohne sie zugleich auf das Griffbret aufzudrücken und giebt in ein Achtel der Länge, vom Stege aus genommen, einen raschen und doch zarten Strich mit dem Bogen. Die Saite theilt sich dann in vier gleiche schwingende Abtheilungen. Um die Duodecime h_3 zu spielen, ist es nöthig, die Saite in ein Drittel ihrer Länge zu berühren und in ein Sechstel vom Stege aus anzustreichen, sie theilt sich dabei in drei gleiche schwingende Stücke. Eine Berührung in ein Fünftel würde eine Abtheilung in fünf gleiche Theile hervorrufen und die Terz der zweiten Oberoctave, also gis_4, geben. Auf diese Weise behandelt, geben die vier Saiten der Violine die folgenden Flageolettöne :

	Grundton	Obertöne			
Abtheilungen	1	2	3	4	. .
	g	g_1	d_2	g_2	. .
	d_1	d_2	a_2	d_3	. .
	a_1	a_2	e_3	a_3	. .
	e_1	e_2	h_3	e_4	. .

Noch andere Flageolettöne lassen sich durch Doppelgriffe bilden, indem ein fest aufgesetzter Finger die Saite erst verkürzt und ein zweiter durch Berührung in ein Drittel, ein Viertel, ein Fünftel des übrigbleibenden Stückes die beschriebenen Abtheilungsarten hervorruft. Diese Aliquottöne einer Saite, welche durch ihre Unterabtheilung in 2, 3, 4, .. gleiche und selbständig schwingende Stücke entstehen, bilden die harmonische Oberreihe des Grundtones. Je vielfacher die Unterabtheilung, desto weniger einfach ist das harmonische Verhältniß zum Grundtone, desto schwieriger aber ist es auch, diese Abtheilungsart hervorzurufen, und es wird einem Violinspieler schwer fallen, über die ersten vier Obertöne hinauszukommen. Diese ersten Obertöne bilden sich aber um so leichter, so daß sie sogar, wenn der Grundton einer Saite angeschlagen wird, von selbst auftreten und als leise begleitende Beitöne mitklingen. Namentlich dann werden sie selbst für das weniger feine Gehör bemerklich, wenn der Anschlag nicht gegen die Mitte der Saite, sondern in der Nähe ihres Endes geführt wird. Es ist nicht schwer, den Grund einzusehen, warum Wellen von einfachem Längenverhältniß zur ganzen Saite sich vorzugsweise zu einem regelmäßigen Schwingungszustande ausbilden und als Beitöne hörbar werden. Diese Wellen eilen längs der Saite, wie an einem gespannten Seile fort, und, am Ende zurückgeworfen, kehren sie um und kreuzen sich mit immer neuen, direct fortgehenden Wellen. Bei einfachem Längenverhältniß der Welle und der Saite trifft es sich, daß aus dem Zusammenwirken beider Wellensysteme Ruhepunkte von unveränderlicher Lage hervorgehen, während die dazwischen liegenden Stücke der Saite in allen ihren Theilen gleichzeitig auf- und abwärts sich bewegen, je zwei aneinander grenzende Abtheilungen immer in entgegengesetztem Sinne. In jenen Ruhepunkten treffen sich in jedem Augenblicke gleich starke, aber entgegengesetzte Bewegungen des directen und des zurückgeworfenen Wellenzuges. Dieser eigenthümliche Bewegungszustand, die sogenannte stehende Schwingung, ganz verschieden von dem Wellenschlage, welcher alle Theilchen nacheinander in gleicher Stärke ergreift, tritt jedesmal ein, wenn ein Körper nicht blos den Schall leitet, sondern zur selbständigen Tonquelle wird. In der folgenden Figur deuten

die Pfeile die Richtung der Molekularbewegung in einer fortgehenden und in einer stehenden Schwingung vergleichungsweise an.

Fig. 35.

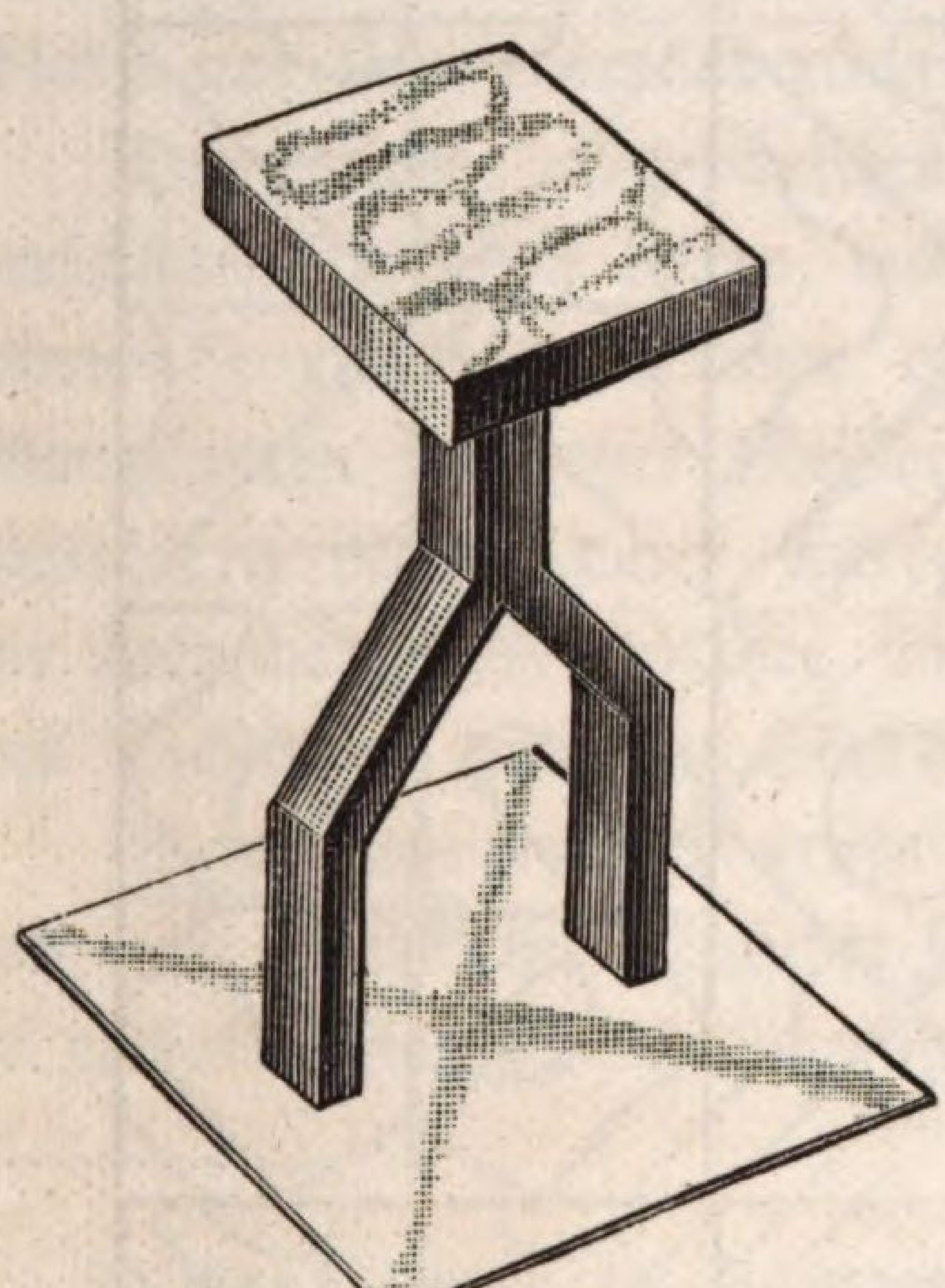


Man kann übrigens auch diese Bewegungsformen selbst sichtbar machen, entweder an einem schwach gespannten Seile, welches man am einen Ende in abgemessenem Tacte erschüttert, oder in einer langen schmalen, mit Wasser gefüllten Rinne, in welcher man in gleichen Zeitabschnitten Wellen erregt, deren Länge in einfachem Verhältniß zu derjenigen der ganzen Rinne steht. Der Abstand zweier nächsten Ruhepunkte oder Schwingungsknoten ist immer einer Halbwelle gleich, ebenso auch die Entfernung zweier Punkte stärkster Bewegung oder Schwingungsbäuche, welche in die Mitte zwischen je zwei Schwingungsknoten fallen.

Alle tönenden Körper, welches ihre Substanz, ihre Gestalt, ihr Elasticitäts- und Spannungszustand sein möge, sind außer den Schwingungen in ganzer Masse, welche den Grundton geben, noch unendlich vieler Abtheilungsarten und eben so vieler Obertöne fähig. Die Schwingungszustände, welche sie anzunehmen vermögen, sind um so mannichfaltiger, je weniger einfach ihre Form ist. Nur cylindrische und prismatische Luftsäulen und ähnlich wie diese schwingende Stäbe von geringem Durchmesser haben eine so einfache harmonische Oberreihe wie die gespannten Saiten; weit reicher schon ist die Menge der Obertöne bei Körpern, welche, wie Platten und gespannte Häute, sich in ebener oder gekrümmter Fläche ausbreiten, am Mannichfaltigsten die von beliebig in jedem Sinne ausgedehnten festen Massen und Lufträumen. Aber in allen Fällen bewährt sich das einfache Gesetz, daß je zwei aneinander grenzende Abtheilungen, welche bei der stehenden Schwingung durch Ruhepunkte geschieden sind, gleichzeitig in entgegengesetztem Sinne schwin-

gen. Eine reine Glasplatte, mit trockenem Sande bestreut und am Rande mit dem Violinbogen gestrichen, bietet in dem Augenblick, in welchem sie zu tönen beginnt, dem Auge ein überraschendes Schauspiel. Der Sand häuft sich in feinen Linien an, welche bei kreisförmigen Platten meist nach Durchmessern oder concentrischen Kreisen, bei quadratischen Platten nach Parallelen mit den Seiten oder mit den Diagonalen geordnet sind. Trotzdem, daß die Platte zu tönen fortfährt, und von der Stelle, an welcher der Violinbogen streicht, fortwährend Wellen ausgehen und sich über die Platte verbreiten, bleibt der Sand in jenen Knotenlinien in Ruhe. Man erkennt hierin den Erfolg einer fortdauernden Durchkreuzung der von den Rändern zurückgeworfenen Wellen mit denjenigen, welche in ununterbrochenem Strome von der Erregungsstelle ausfließen. Die folgende Figur versinnlicht einen Versuch, welcher unzweideutig beweist, daß aneinander grenzende Felder in einer solchen Klangfigur in entgegengesetztem Sinne schwingen.

Fig. 36.

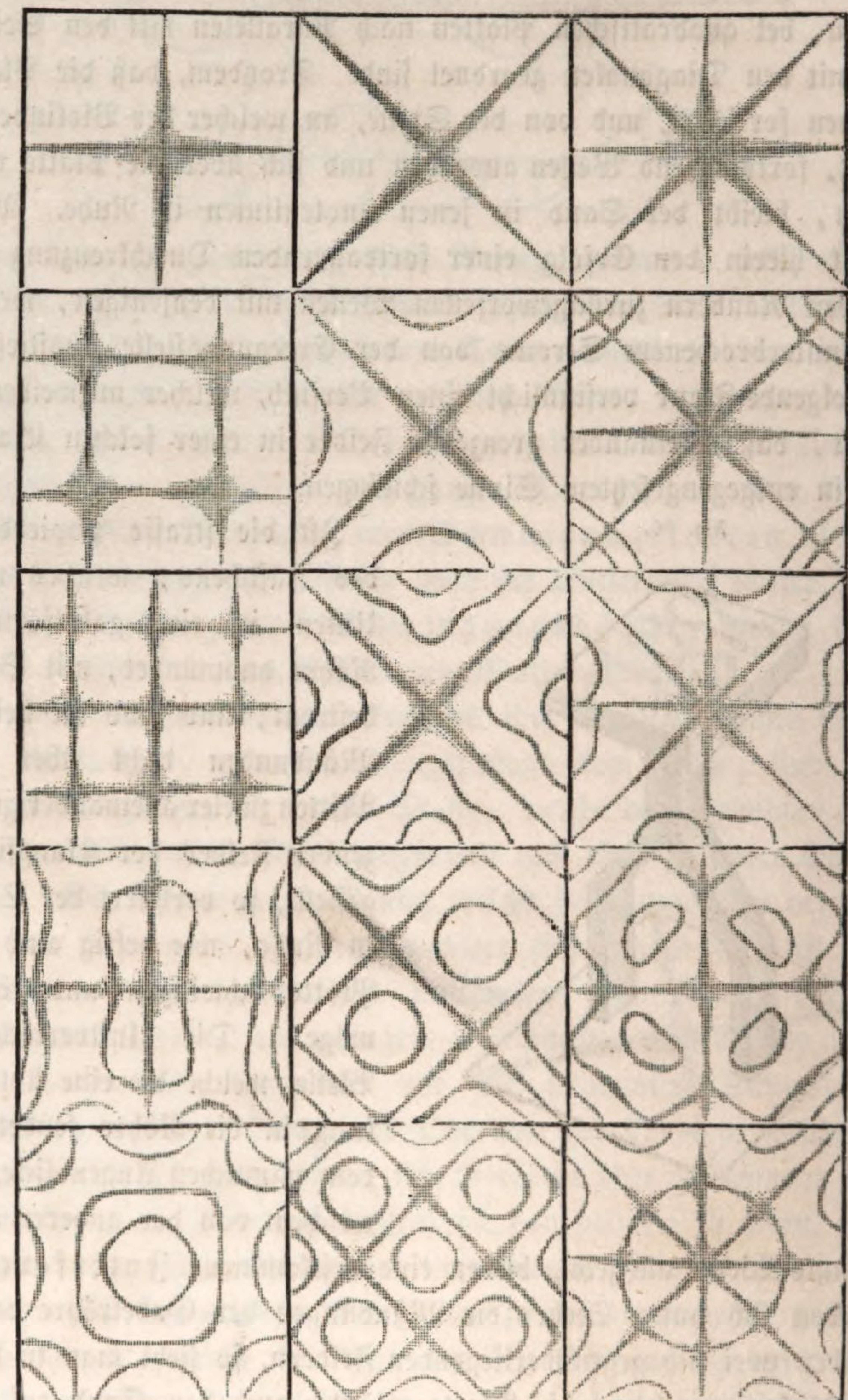


Ist die straffe Papierdecke des Kästchens, welches nach Unten in eine gabelförmige Röhre ausmündet, mit Sand bestreut, und sind die beiden Mündungen dicht über die Mitten zweier aneinander grenzenden Felder der Klangfigur gestellt, so verharrt der Sand in Ruhe, wie heftig auch die Platte schwingen und tönen möge. Die luftverdichtete Welle, welche die eine Abtheilung in die Röhre sendet in dem nämlichen Augenblicke, in welchem von der anderen eine verdünnte Welle ausgeht, bilden eine vollkommene Interferenz, sie heben sich auf. Stehen die Mündungen der Gabelröhre dagegen über zwei sich gegenüberliegenden Feldern, so sieht man in dem Augenblick, in welchem die Platte ertönt, auch den Sand auf der

oberen Decke des Kästchens in Bewegung gerathen und sich in Resonanzfiguren ordnen.

Die hier folgenden Abbildungen geben nur eine annähernde

Fig. 37.



Vorstellung von der unendlichen Mannichfaltigkeit der Klangfiguren, welche auf der nämlichen quadratischen Platte gebildet werden können. Man erleichtert ihre Entstehung, wenn man mehre solche Punkte, durch welche Knotenlinien gehen sollen, mit dem Finger berührt oder irgendwie unterstützt; niemals darf der Strich mit dem Violinbogen an der Stelle geschehen, auf welche eine Knotenlinie trifft, sondern nur in der Mitte eines freischwingenden Feldes. Die Klangfiguren der ersten Verticalreihe sind ausschließlich durch Parallele mit den Seiten des Quadrates, oder durch nur geringe Auflösungen und Verschiebungen derselben, die der zweiten Verticalreihe sind aus Diagonalen und deren Parallelen gebildet, in den Figuren der dritten Verticalreihe kommen die beiden Liniensysteme gemischt vor. Je geringer der Abstand zweier nächstgelegenen parallelen Knotenlinien ist, je kürzer also die freischwingenden Abtheilungen sind, desto höher ist der Ton. Der nämliche Ton kann zwar von verschiedenen Abtheilungsarten der Platte begleitet sein, aber einer bestimmten Klangfigur entspricht auf der nämlichen Platte nur Ein unveränderlicher Ton.

Die Gesetze, nach welchen jene Figuren sich auf Platten der verschiedensten Form bilden, wurden zuerst von einem deutschen Gelehrten *) erforscht, welcher es zugleich in der Darstellung der Klangfiguren zu großer Meisterschaft gebracht hatte und auf seinen zahlreichen Reisen durch Europa im Anfang dieses Jahrhunderts die Freunde der Naturlehre mit jener überraschenden Verbindung des Sichtbaren mit dem Hörbaren bekannt machte.

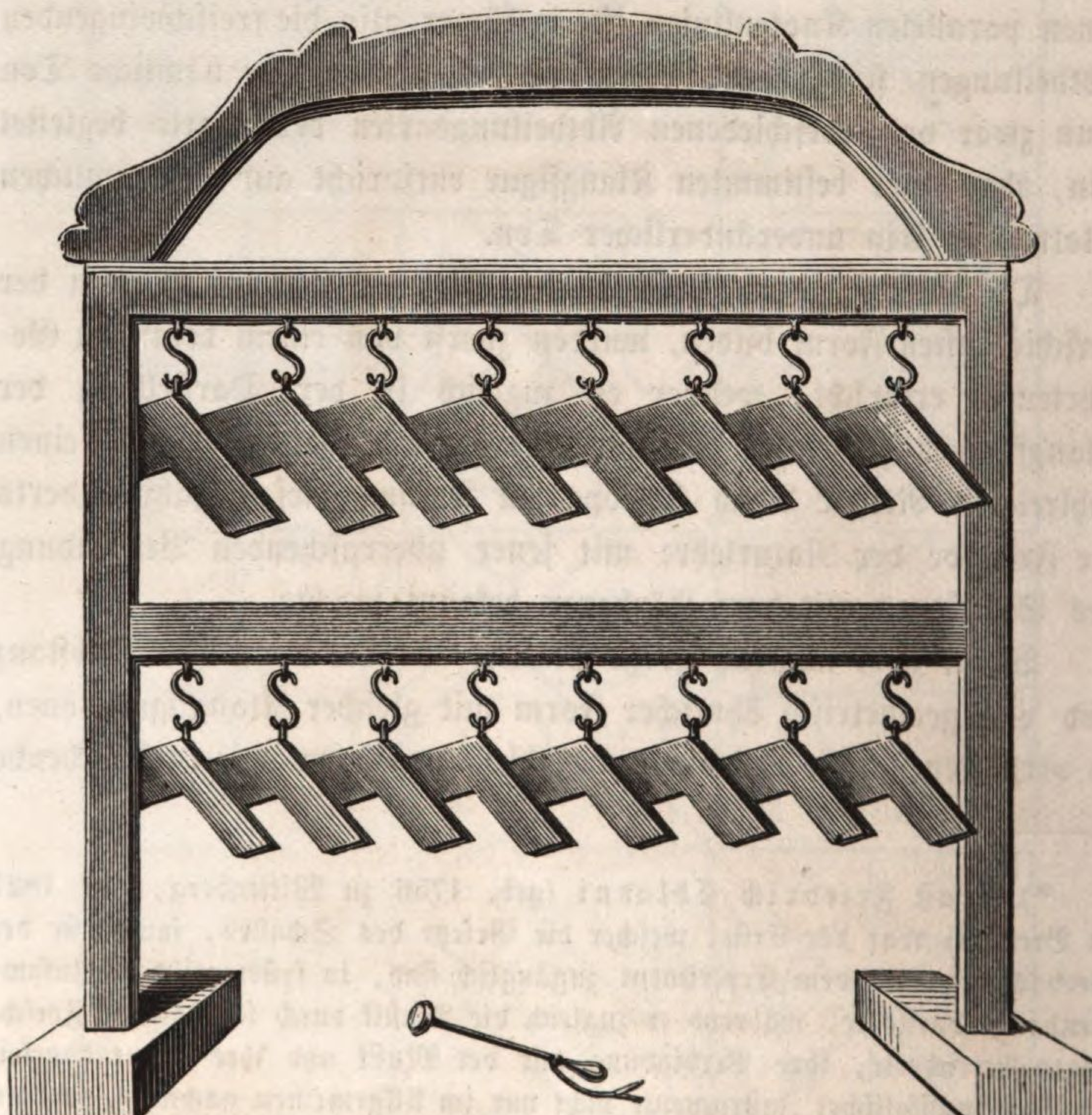
Wenn zwei ungleich große Platten aus der nämlichen Substanz und von geometrisch ähnlicher Form mit gleicher Klangfigur tönen, so verhalten sich die Schwingungszahlen umgekehrt, wie entsprechende

*) Ernst Friedrich Chladni (geb. 1756 zu Wittenberg, gest. 1827 zu Breslau) war der Erste, welcher die Gesetze des Schalles, soweit sie der Beobachtung und dem Experiment zugänglich sind, in systematischem Zusammenhange darstellte, während er zugleich die Akustik durch selbständige Forschungen bereicherte, ihre Verbindung mit der Musik und ihre Anwendbarkeit im Bau musikalischer Instrumente nicht nur im Allgemeinen nachwies, sondern sich auch selbst mit Erfolg in der Construction neuer musikalischer Instrumente versuchte.

lineare Dimensionen. Zwei quadratische Platten, deren Seitenlänge und Dicke sich wie 1 : 2 verhalten, stehen im musikalischen Intervall der Octave. Wenn Länge und Breite sich in anderem Verhältnisse ändern, als die Dicke, nimmt das Gesetz, welches den musikalischen Abstand der Töne bestimmt, einen allgemeineren Ausdruck an. Die Schwingungszahlen verhalten sich umgekehrt wie die Flächeninhalte der Platten und gerade wie ihre Dicken. Ganz allein auf diese einfachen Gesetze gründet sich der Bau vieler Schlaginstrumente der Chinesen und Javanesen, deren die folgenden Figuren einige darstellen.

Fig. 38 a.

Das King.



Das **King** besteht aus 16 Steinplatten; Fig. 38 b, das **Fanghiang**, aus 16 Holzstücken; Fig. 38 c, das auf Java gebräuchliche **Gambang**, wird aus Metall oder Holzplatten gebaut. Obgleich die Chinesen die in unserer chromatischen Tonleiter gebräuchlichen 12 Töne kannten und ihre 12 Tonarten oder Lü's nach dem Quintencirkel ordneten, so war doch vorzugsweise unsere diatonische Tonleiter, mit Auslassung der Quarte und Septime, im Gebrauch.

Fig. 38 b.

Das Fanghiang.

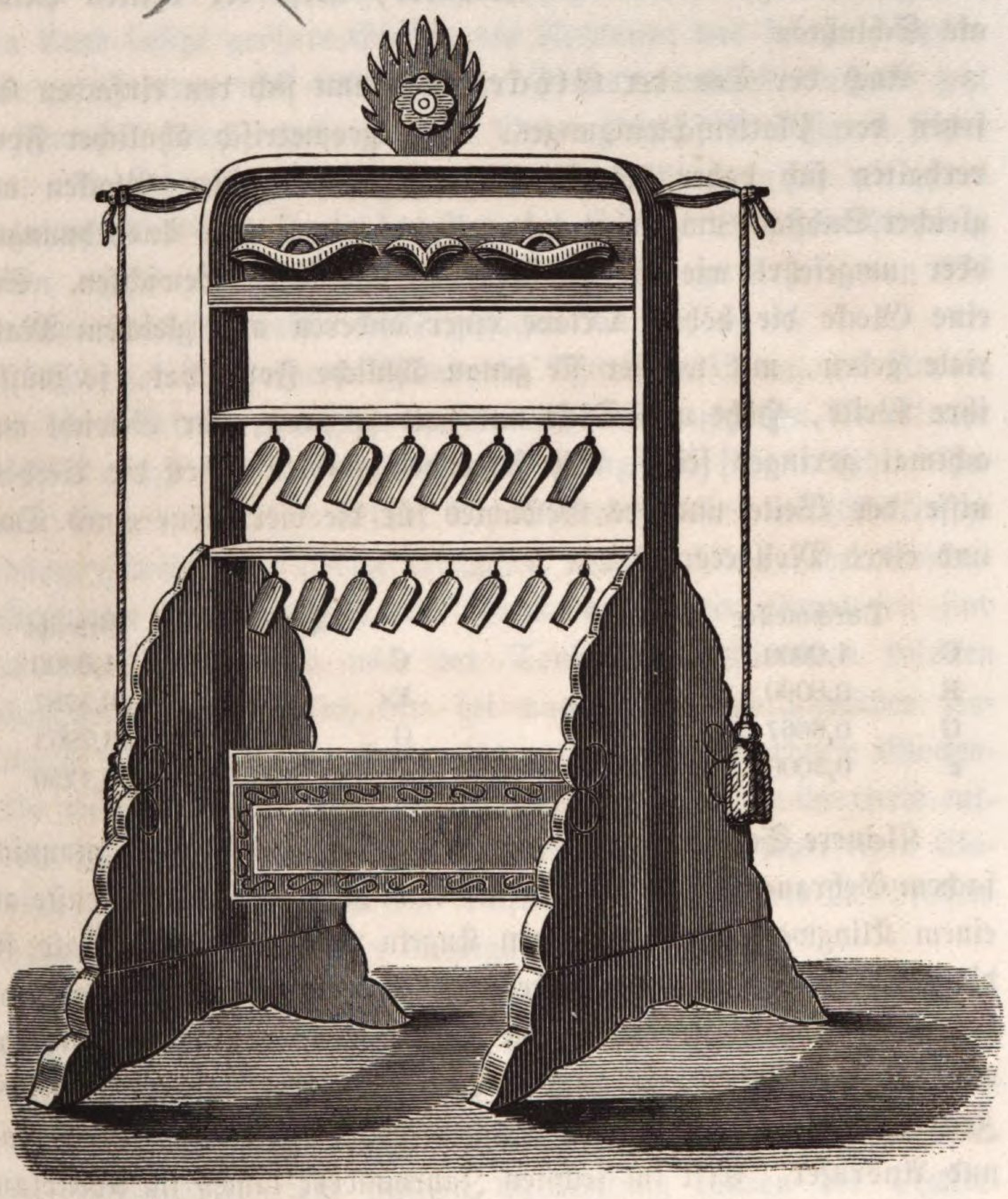
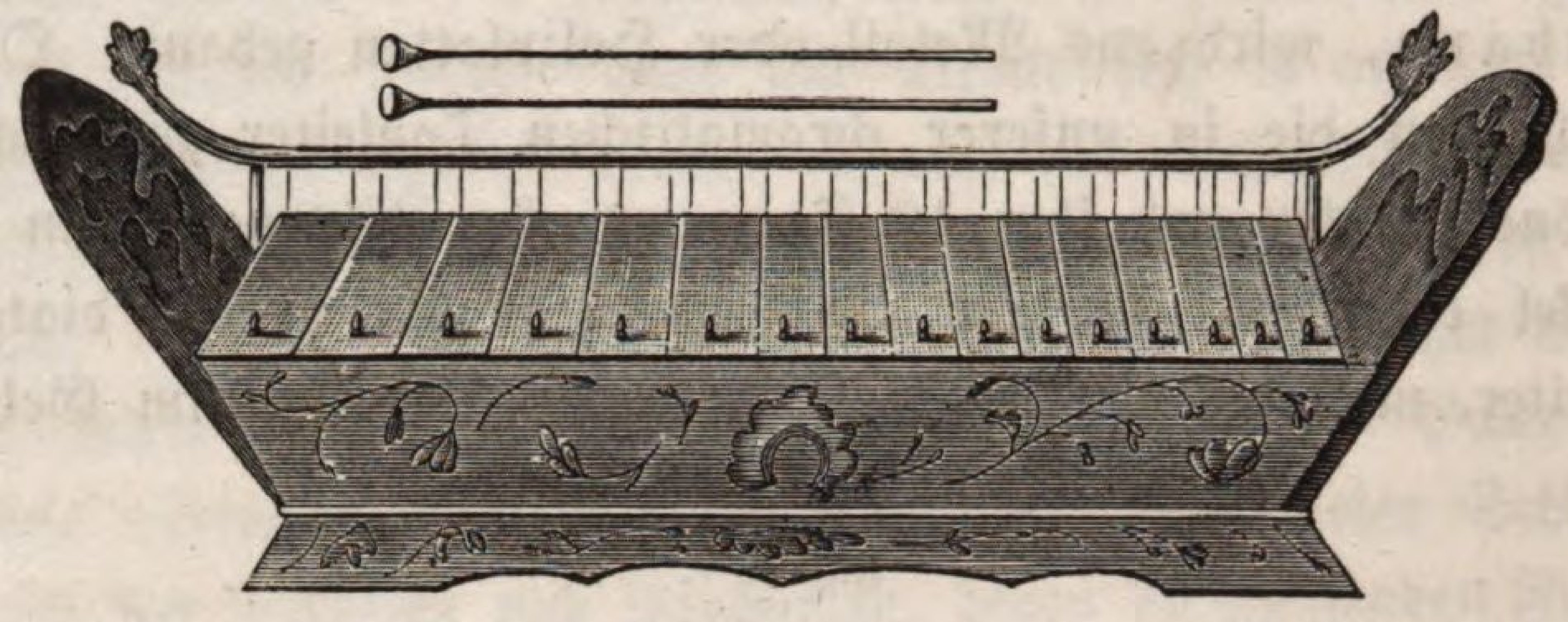


Fig. 38 c.

Das Gambang.



Die obigen Klinginstrumente enthalten in ihren 16 Tönen drei jener fünftönigen Leitern übereinander, nebst der dritten Octave als Schlußton.

Auch der Ton der Glocken bestimmt sich den einfachen Gesetzen der Plattenschwingungen. Bei geometrisch ähnlicher Form verhalten sich daher die Schwingungszahlen zweier Glocken aus gleicher Substanz umgekehrt, wie entsprechende lineare Ausdehnungen, oder umgekehrt wie die Kubikwurzeln aus ihren Gewichten. Soll eine Glocke die höhere Octave einer anderen aus gleichem Materiale geben, mit welcher sie genau ähnliche Form hat, so müssen ihre Weite, Höhe und Dicke nur halb so groß, ihr Gewicht muß achtmal geringer sein. Die folgenden Zahlen geben die Verhältnisse der Weite und des Gewichtes für die vier Töne eines Dur- und eines Mollaccordes :

	Durchmesser	Gewicht		Durchmesser	Gewicht
C	1,0000	1,0000	C	1,0000	1,0000
E	0,8000	0,5120	Es	0,8333	0,5787
G	0,6667	0,2963	G	0,6667	0,2963
c	0,5000	0,1250	c	0,5000	0,1250

Kleinere Schellen waren zwar schon im Alterthum in mannichfachem Gebrauche, auch wurden bei dem jüdischen Tempeldienste auf einem Klingwerke aus kupfernen Kugeln und Kesseln Signale für die Geschäfte der Priester gegeben; aber das Zusammenrufen der Gemeinde zum Gottesdienste, die Aufforderung zum Gebete geschah, wie bei den Juden, so auch in den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung beim christlichen Kirchendienste, durch Trompetensignale und Ausrufer. Erst im sechsten Jahrhundert kamen im Abendland

die Glocken in den Klöstern der Benedictiner in Gebrauch; gegen Ende dieses Jahrhunderts scheinen schon reichere Stadtgemeinden Thurmglocken besessen zu haben und zu Anfang des siebenten Jahrhunderts bestimmte bereits der Pabst Sabinian, daß täglich sechsmal geläutet werden solle. Es ist wahrscheinlich, daß die Gießereien des erzreichen Campaniens die Heimath der Thurmglocken waren, deren Erfindung darum dem Bischof Paulinus zu Nola in Campanien zugeschrieben worden ist. Erst in der letzten Hälfte des 9. Jahrhunderts erhielt auch die orientalische Kirche die Glocken durch die Venetianer, und es ist bekannt, daß ihr Gebrauch in der griechischen Kirche sich zu wahrem Luxus steigerte; kein Land besitzt größere Glocken als Rußland; das kolossale Exemplar zu Moskau, von 4000 Centner Gewicht, welches übrigens jetzt verstümmelt und ungebraucht zu Boden liegt, ist einzig in seiner Art. Deutschlands größte Glocke, welche 1683 gegossen, mit allem Zubehör 500 Centner wiegt, befindet sich im Stephansthurm in Wien. Ihr zunächst steht die große Glocke zu Erfurt von 276 Centner Gewicht, welche 1497 gegossen wurde.

In mehren Ländern Asiens, in Ostindien, China und Japan, sind die Glocken, obwohl wahrscheinlich erst aus dem Abendlande dorthin verpflanzt, als musikalisches Klingwerk sehr beliebt. Bekannt ist die chinesische Sitte, die Thürme außen mit Glocken zu behängen, welche im Winde erklingen; manche Kling- oder Schlaginstrumente der Chinesen, der Japaner und der Javanesen sind aus einer Reihe von nach der Tonleiter abgestimmten Glocken zusammengesetzt, ähnlich den bei uns früher gebräuchlichen Carillon's, deren nach der chromatischen Tonleiter geordnete Glockenreihe mittelst Hämmerchen angeschlagen wurde, welche ihrerseits entweder unmittelbar mit der Hand, oder durch die Tasten einer Claviatur, oder endlich durch eine Stiftwalze, ähnlich wie die Pfeifenventile einer Drehorgel, in Bewegung gesetzt wurden.

Gegen Ende des 15. Jahrhunderts wurde zuerst ein Glockenspiel in größerem Maßstabe an dem Kirchthurm zu Aalst in östreichisch Flandern angebracht, und viele große Städte Europa's, wie Hamburg, Lübeck, Kopenhagen, Berlin, Potsdam haben dieses Beispiel nachgeahmt. Am meisten Verbreitung fanden die Thurm-

glockenspiele in den Niederlanden, Amsterdam allein besitzt deren 8 große und viele kleinere; in den Niederlanden überhaupt zählt man über 300 große Glockenspiele. Das größte Glockenspiel zu Amsterdam geht von c bis f_3 und enthält demnach 42 Spielglocken. Der gewöhnliche Umfang von drei Octaven ist vollkommen hinreichend, um die choralmäßigen Melodieen und geistlichen Lieder auszuführen, für welche die Glockenspiele ausschließlich bestimmt sind; die Tonlage von c bis c_3 grenzt sich nach der Höhe hin etwa mit denselben Tönen ab, wie die menschliche Singstimme, in der Tiefe fehlen die Töne von F bis H, welche das Gewicht eines Glockenspieles allzusehr vermehren würden.

Größere Glockenspiele sind so eingerichtet, daß Melodieen zu regelmäßig wiederkehrenden Zeiten durch Stiftwalzen angeschlagen werden, daß aber außerdem noch mittelst eines Claviers und Pedals von dem leitenden Künstler beliebige Weisen gespielt werden können.

Das einfache Gesetz, welches die Tonhöhe der Glocken regelt, gilt nur so lange, als man sie alle strenge geometrisch ähnlich wählt. Man erreicht dieß, wenn von einer einzigen Dimension, z. B. dem unteren Durchmesser, alle Ausdehnungen der Glocke in gleicher Weise abgeleitet werden. (Vergleiche die Construction der Glocke im Anhang III.)

Wenn die Metallmischung, woraus die Glocke gegossen ist, das sogenannte Glockengut, aus 78 Theilen Kupfer auf 22 Theile Zinn besteht, so giebt eine Glocke von 374 Par. Linien unterem Durchmesser, oder von 358,4 Kilogrammen, d. i. 7,17 Centner Gewicht sehr nahe den Ton c_2. Von dieser Bestimmung ausgehend lassen sich Durchmesser und Gewicht einer geometrisch ähnlichen Glocke aus gleicher Masse, welche einen bestimmten Ton geben soll, auf den Grund der oben mitgetheilten Gesetze leicht berechnen. Auch das Gewicht des im Inneren der Glocke aufgehängten schmiedeeisernen Klöppels steht in bestimmter Beziehung zu demjenigen der Glocke selbst. Man nimmt den vierzigsten Theil des letzteren und setzt 2,5 Kilogramme zu, um das Gewicht des Klöppels zu erhalten. Für die Grundtöne der bei den Glocken gebräuchlichen Octaven ergeben sich daher die folgenden Maße und Gewichte:

Ton	Durchmesser	Gewicht der Glocke		Gewicht des Klöppels
	in Par. Linien	in Kilogrammen	in Centnern	in Kilogrammen
c	1494	22937,6	458,7	576
c_1	747	2867,2	57,3	74
c_2	374	358,4	7,2	11,5
c_3	187	44,8	0,9	3,6

Seit mehr als tausend Jahren werden die Glocken nur nach empirischen Regeln gegossen, welche durch Tradition sich von einem Meister auf den andern forterbten. Die Gewichtsangaben in theoretischen Werken sind offenbar unrichtig. So schreibt schon Huckbald (900 n. Chr.) vor, die Gewichte im umgekehrten Verhältnisse der Schwingungszahlen zu nehmen und Martinus Agricola ist ihm in seiner 1545 erschienenen Musica instrumentalis darin treulich gefolgt. Da die Glocken niemals bei musikalischen Aufführungen mit anderen Instrumenten zusammenzustimmen brauchen, so kommt es bei einem Geläute ausschließlich darauf an, daß die einzelnen Glocken unter sich richtigen harmonischen Abstand haben; es ist aber in hohem Grade wünschenswerth, daß das richtige Verhältniß beim Gusse selbst sogleich erreicht werde, da nachträgliche Aenderungen der Stimmung fast immer dem vollen und reinen Klange der Glocke schaden und beschwerlich auszuführen sind. Die Tonhöhe einer Glocke hängt fast allein von der Weite und Dicke des Schlagringes ab, daher man kleine Veränderungen in der Stimmung schon durch Hebung oder Senkung des Klöppels hervorbringen kann. Die Haube klingt in harmonischen Obertönen mit, doch ist ihre Beschaffenheit nicht ganz ohne Einfluß auf den Grundton. Derselbe wird tiefer, wenn man die Dicke und damit die Steifigkeit des Schlagringes vermindert; oder auch, wenn man die Wand der Glocke in der Nähe der Haube dünner macht. Ja selbst eine Verkürzung der Glocke durch Wegnehmen des dickeren Theiles des Schlagringes läßt den Ton der Glocke tiefer werden, weil dann ein dünnerer Ring von dem Klöppel getroffen wird. Nur dann, wenn man durch Abdrehen die ganze Wand der Glocke bis zum untersten Rande auf einerlei Dicke gebracht hat, erhöht sich der Ton, wenn man die Glocke oder den Klöppel verkürzt, so daß ein Ring von geringerem Durchmesser als eigentliche Schallquelle dient.

Eine tönende Glocke theilt sich durch Ruhelinien in einzelne schwingende Felder, ähnlich wie eine kreisförmige Platte. Vom Mittelpunkt der Haube laufen diese Ruhelinien radienförmig nach dem unteren Rande des Schlagringes. Leichter als an einer metallenen Glocke gewahrt man die Knotenlinien an einer umgekehrten Glasglocke, welche man theilweise mit Wasser gefüllt hat, und zum Tönen bringt, indem man den Rand mit dem Violinbogen streicht. Die schwingenden Felder erregen krause Wellen auf der Wasseroberfläche und die Ruhelinien ordnen sich strahlenförmig auf derselben. Bei der einfachsten Schwingungsart der Glocke sind 4 Knotenlinien vorhanden, man kann aber leicht eine Eintheilung in 6, 8 oder mehr schwingende Felder hervorbringen. Der Punkt, an welchem der Violinbogen quer gegen den Rand der Glocke streicht, entspricht einer Stelle stärkster Schwingung. Anders verhält es sich, wenn man mit dem benetzten Finger längs des Randes einer Glasglocke oder auch eines gewöhnlichen Weinglases herumfährt. In diesem Falle geht eine Ruhelinie stets durch die Berührungsstelle des Fingers und folgt demselben in seiner Bewegung. Athanasius Kircher gedenkt dieses Experimentes bereits in seiner Phonurgia nova *) in folgender Weise: „Man nehme ein Trinkglas von be-

*) Dieses Werk erschien 1684 ins Deutsche übertragen unter folgendem Titel: Athanasius Kircher's neue Hall- und Tonkunst, oder mechanische Geheimverbindung der Kunst und Natur durch die Hallwissenschaft gestiftet, worin insgemein der Stimme, des Tones, Halles und Schalles Natur, Eigenschaft, Kraft- und Wunderwirkung, auch deren geheime Ursachen mit vielen neuen und ungemeinen Kunststücken und Proben vorgestellt werden. Ingleichen, wie die Sprech- und Gehörinstrumente, vorbildender Natur zur Nachahmung, sowohl die Stimme, Hall und Schall an weitentlegene Orte zu führen, als auch in abgesonderten Geheimzimmern auf kunstverborgene Weise, vertraulich und ungefähr sich miteinander zu unterreden, sollen verfertigt werden. Endlich wie solch' schöne Erfindung zu Kriegszeiten nützlich könne angebracht und gebraucht werden. In unsre deutsche Muttersprache übersetzt von Agatho Carione." Dieser abenteuerliche Titel hat wenigstens den Vorzug, an und für sich schon einigen Einblick in den damaligen Stand der Akustik zu gewähren; im Allgemeinen aber bietet die akustisch-musikalische Literatur das Hervorragendste unter den barocken Titeln, welche im 16. und 17. Jahrhundert im Gebrauche waren. Noch im Jahre 1701 erschien ein Unterricht im Generalbaß von Bödecker, Organisten in Stuttgart, deren Zueignungsschrift ge-

liebiger Größe und fülle dasselbe mit hellem klarem Wasser, danach fahre man mit dem benetzten Zeige- oder Mittelfinger sanft oben auf des Glases Rand oder Ranft herum, so wird man einen artigen Ton und Klang als von einem klingenden Metalle hören, dadurch das bewegte Wasser also gekräuselt und rollend gemacht wird, als ob es von einem starken Winde getrieben würde". Franklin, welcher einst dieses Experiment von einem Irländer im Wirthshause anstellen sah, gelang es, das einfache Trinkglas zu einem musikalischen Instrumente zu veredeln. Er befestigte glockenförmige Gläser, welche im Scheitel der Wölbung durchbohrt waren, an einer Spindel, welche mittelst eines Tretrades in raschen Umlauf versetzt wurde, und berührte die Gläser, welche tönen sollten, mit dem benetzten Finger. Auf diese Weise entlockte er den Glasglocken einen sehr reinen, nervenerschütternden Ton. Das Instrument, wie es Franklin im Jahre 1763 unter dem Namen Harmonika bekannt machte, hatte einen Umfang von c bis f_3 in chromatischer Tonfolge. Die Verbesserungen, welche von verschiedenen Künstlern in den letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts an diesem Instrument angebracht wurden, indem sie die unmittelbare Berührung mit den Fingern durch Anstreichen mit dem Violinbogen oder mittelst Claves und Tangenten, welche kleine, mit Badeschwamm besetzte Polster trugen, ersetzten, vermochten der Harmonika dennoch keine weitere Verbreitung zu geben; ja man giebt noch jetzt der ursprünglich Franklin'schen Construction den Vorzug, da keine Art des Anstreichens eine solche feine Nuancirung des Tones zuläßt, als die mit den feinfühligen Fingerspitzen selbst.

Auch bei der Art, wie der Ton in der Franklin'schen Harmonika erregt wird, sind die Schwingungen transversal, d. h. die schwingenden Abtheilungen bewegen sich pendelartig gegen die Axe der Glocke und entfernen sich von derselben. Es scheint demnach, daß durch den tangentialen Druck des Fingers die Glockenwand aus- oder einwärts gebogen werde. Was hierbei durch die Fort-

---

richtet ist „an Gott den Vater, als Prime oder Grundstimme, an Gott den Sohn, als Quinte oder vollkommenste Consonanz und an den heiligen Geist, als die Tertie, so von der Prime ausgeht im Aufsteigen oder von der Quinte im Absteigen."

bewegung des Fingers bewirkt wird, der Umlauf der Knotenlinien nämlich, stellt sich bei dem Geläute der Metallglocken in ähnlicher Weise von selbst her, wie man dieß auch bei schwingenden Kreisscheiben an dem Fortrücken des Sandes beobachten kann. Das eigenthümliche Summen der Glocken beim Abklingen, das abwechselnde Anschwellen und Abnehmen der Tonstärke, hat keine andere Ursache, als das Rotiren der Knotenlinien, welche einander folgend an der Richtung, in welcher das Ohr den Schall empfängt, vorüber wandern.

Glocken aus anderer Substanz als aus Glockengut oder Glas sind selten im Gebrauch. Goldene Glocken besitzt der Kaiser von Japan, eine große silberne Glocke schmückte den Palast des Pabstes zu Avignon. In Pegu bedient man sich Glocken von Messing, in Abyssinien solcher von Thon und von Stein. Ohne Zweifel haben dieselben noch besseren Klang als die hölzernen Glocken, womit die Katholiken früher in der Marterwoche läuteten und deren die Kirche St. Blasii in Braunschweig noch ein Exemplar aufbewahrt.

In der äußeren Erscheinung haben die Schwingungen gespannter Häute Aehnlichkeit mit denjenigen der Platten. Auf einer kreisrunden Membran von nach allen Seiten gleichmäßiger Spannung giebt trockener Streusand ähnliche Klangfiguren, wie auf einer kreisförmigen Platte. Dennoch ist die Art, wie die Schwingungen zu Stande kommen, eine wesentlich andere, insofern nicht eigene Steifigkeit, sondern äußere Spannung die zur Unterhaltung der Schwingungen erforderliche rückwirkende Kraft ausgiebt. Ein schmaler Streifen thierischer Haut, zwischen zwei festen Punkten ausgespannt, schwingt wie eine Metallsaite; bei Verkürzung wird der Ton höher, die Schwingungszahlen stehen im umgekehrten Verhältnisse der Länge. Eine Vermehrung der Spannung aber läßt den Ton nicht in gleichem Maße in die Höhe gehen, wie bei Metallsaiten, wie unter Anderm die Versuche mit den Stimmbändern des menschlichen Kehlkopfes gelehrt haben. Das Winden der Darmsaiten hat den Zweck, denselben in ihrer ganzen Länge eine gleichmäßigere Elasticität, hauptsächlich aber eine größere Widerstandsfähigkeit gegen die Verlängerung durch die spannenden Kräfte, somit zugleich eine größere Festigkeit zu geben.

In Flächen ausgespannte thierische Haut kann man in Tonschwingungen versetzen, entweder durch unmittelbares Schlagen oder Streichen, oder durch Mittheilung der Bewegung anderer schwingender Körper, wie z. B. von Saiten, welche man mit der Membran in Verbindung setzt, oder von tönenden Glocken, welche man dicht darüber hält. Die gespannte Haut ist, ähnlich wie eine Platte, unzähliger Abtheilungsarten und entsprechender Resonanzfiguren fähig. Man hat darum Pergament mit Erfolg zu Resonanzböden in Pianoforte's angewendet. Der Resonanzkasten des Repab, eines zweisaitigen Streichinstrumentes der Araber und der nordafrikanischen Völker, besteht aus einer Schildkrotschale, welche mit Krokodilhaut überspannt ist.

In der abendländischen Musik werden gespannte Häute als unmittelbares Schallmittel bei der Pauke, der großen und kleinen Trommel und dem Tambourin angewendet. Bei diesen Instrumenten, mit Ausnahme des letzteren, dient eine abgeschlossene Luftmasse zur Resonannz. Die Pauke war in der ägyptischen und hebräischen Musik schon gebräuchlich und wurde bei Feierlichkeiten geschlagen. Nachdem sie in dem Abendland Eingang gefunden, diente sie bei Tisch- und Tanzfesten fürstlicher Personen; es war manchen Orts förmlich untersagt, die Pauke bei Festlichkeiten zu schlagen, bei welchen nicht wenigstens eine adelige Person, ein Doctor oder Magister betheiligt war. Uebrigens besaß vor Zeiten auch jedes Reiterregiment ein paar Pauken, welche den Baß zur Trompetenmusik ausmachten, daher der Name „Heerpauke.“ „Das seyn gar vngehewre Rumpelfässer“ sagt Prätorius in seinem 1614 erschienenen syntagma musicum. Es besteht die Pauke aus einem kupfernen Kessel, welcher unten mit einer kleinen Oeffnung versehen ist, aus welcher die Schallschwingungen des inneren Luftraumes entweichen. Der Kessel ist mit einem Kalbfelle oder mit Eselshaut gedeckt, welche naß aufgezogen und mit einem um den Kessel passenden eisernen Reif angespannt wird. Der eiserne Reif hat 8 Löcher in gleichem Abstand und diesen entsprechen 8 Ansätze am äußeren Umfang des Kessels, worin Schraubengewinde eingeschnitten sind. 8 Schrauben passen in diese Löcher und Ansätze und indem sie mittelst eines Schlüssels angezogen werden, wird das Paukenfell gespannt

und auf die gehörige Stimmung gebracht. Neuerdings hat man es möglich gemacht, durch das Anziehen einer einzigen Schraube die gleichmäßige Spannung des Felles zu bewerkstelligen, so daß Veränderungen in der Stimmung augenblicklich vorgenommen werden können *). In den Orchestern wendet man zwei Pauken nebeneinander an, die eine in dem Grundton des betreffenden Tonstückes, die andere in der Unterdominante gestimmt. Ihre Tonlage ist immer zwischen F und f und es kann die Stimmung der einen von F bis B, die der anderen von c bis f verändert werden.

Kein musikalisches Instrument ist verbreiteter, als dasjenige, welches ausschließlich auf das rhythmische Element der Musik beschränkt ist, die Trommel. Das Volk müßte erst noch entdeckt werden, welchem die Trommel fremd wäre. Von den Eskimo's bis zu den Feuerländern, von den Heiden Nordsibiriens bis zu den Insulanern der Südsee, von Skandinavien bis zu den Kaffern und Hottentoten wird die Trommel oder das Tambourin geschlagen. Gefäße aus Metallblech, aus Holz, Thon oder aus Kokosnußschalen, überspannt mit den Fellen des Rennthieres, des Kalbes, des Esels, mit der Haut des Krokodils oder des Hayfisches bilden das beliebte Schallwerkzeug.

Unsere Militärtrommel besteht aus einem Resonanzcylinder von Messingblech, oben und unten mit Kalbfell überspannt, welches um einen dünnen Eisenreif gewickelt ist. Zwei cylindrische Reife von Holz, um Weniges weiter als der Messingcylinder, werden über die Haut gestreift, und indem beide Reife durch eine im Zickzack hin- und hergeschlungene Kordel gegeneinander gezogen werden, kann die Spannung der Felle auf das gehörige Maß erhöht werden. Eine besondere Schraube gestattet die stärkere oder geringere Anspannung der Kordel und somit des Trommelfelles; kleinere Spannungsänderungen kann man auch mittelst Lederstreifen hervorbringen, indem man dieselben nach dem weiteren oder nach dem engeren Theile eines Kordelzickzacks, welches sie umspannen, hinzieht. Die obere Haut, das sogenannte Schlagfell, wird mit zwei

*) Vergl. Schafhäutl's Bericht über die musikalischen Instrumente auf der deutschen Industrieausstellung in München, im Jahre 1854, S. 202 und 203.

hölzernen Klöpfeln geschlagen, und dadurch die in dem Kasten eingeschlossene Luft, die dünne Wand, sowie die untere Haut, das sogenannte Schallfell, in Erzitterung versetzt. Unter letzterem läuft eine doppelte Schnur oder Darmsaite her, welche durch ihr Anschlagen an das Schallfell dem Ton mehr Schärfe verleiht. — Die Trommel des Orchesters verdankt ihren sanfteren Ton dem Umstand, daß der Kasten nicht aus Messingblech, sondern aus Holz gebildet und die Schallsaite weggelassen ist. Auch die sogenannte große Trommel, welche den nämlichen Bau, wie die kleine, in 3 bis 4mal vergrößertem Maßstabe besitzt, ursprünglich der Janitscharenmusik angehörig, hat ihren Weg in das Orchester gefunden. Sie wird nur mit einem mit Leder gepolsterten Klöppel geschlagen, die Sangsaite fehlt bei ihr, um dem Ton die Schärfe zu nehmen; ihre Stimmung ist in c.

Das Virtuosenthum auf Pauke und Trommel ist nicht auf die Militärmusiken beschränkt geblieben. Im 18. Jahrhundert gaben fürstliche Hofpauker auf 14 Pauken Concerte und warfen dabei noch die Schlägel während des Spieles in die Luft, um sie im rechten Tacte wieder zu fangen.

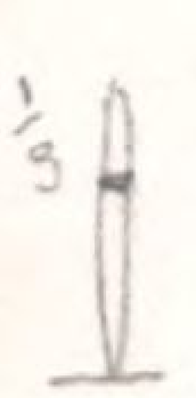
Stäbe aus Stahl, Holz oder Glas können auf mannichfach verschiedene Weise in tönende Schwingungen versetzt werden und geben sehr klangvolle Töne aus. Sie bilden gewissermaßen das Mittelglied zwischen den Platten und Saiten; die Längenausdehnung herrscht bei ihnen entschieden vor, daher sie in ihren Querschwingungen nicht so zahlloser Abtheilungsarten fähig sind, wie die Platten, sondern eine bestimmte Reihe harmonischer Obertöne besitzen, wie die Saiten; aber ihre Breite und Dicke treten nicht in dem Grade gegen die Länge zurück, daß sie vollkommen biegsam wären und äußerer spannender Kräfte bedürften, um zu Tonschwingungen fähig zu werden; die innere Steifigkeit führt ihre Theile nach jeder Erschütterung durch Anschlag, Streichen oder Reiben in die Lage und Form zurück, bei welcher sich die inneren Kräfte in's Gleichgewicht setzen. Dem Bewegungsgesetze tönender Stäbe folgen die Schwingungen der Metallplättchen in den Zungenpfeifen der Orgel, der Rohrblättchen in den Mundstücken der Clarinette und Oboe, der Glasstreifen in der Glasharmonika, der Holz-

stäbe der Strohfiedel; Metallstäbchen bilden die Tonquelle in einer Menge klangvoller Musikinstrumente, in welchen der Erfindungsgeist neuerer Zeit der Musik ein neues Element zu gewinnen bestrebt war. Aber es scheint, als ob gerade die Steifigkeit der Stäbe und ihr verhältnißmäßig größeres Gewicht sie der Leichtigkeit der Behandlung entziehe, welche die neuere Musik fordert und deren die Saite und Luftsäule in so hohem Grade fähig sind.

Wenn man einen Stab in der Mitte festhält und gegen das eine Ende mit einem harzbestrichenen Tuchlappen der Länge nach reibt, so vernimmt man einen hellklingenden Ton. Die Theilchen schwingen dann in der Längenrichtung des Stabes und man darf diesen nur während des Tönens mit seinem einen Ende gegen eine ebene Unterlage aufsetzen, um an der zitternd fortgleitenden Bewegung die stürmische Molekularbewegung zu erkennen. Die elastischen Wellen, welche durch die Reibung fortwährend erregt werden, kreuzen sich mit den an den Enden des Stabes zurückgeworfenen und setzen sich zu einer stehenden Schwingung zusammen, bei welcher in der Mitte des Stabes ein Schwingungsknoten sich bildet, während die ganze Masse der beiden Hälften abwechselnd nach diesem Knoten sich hinbewegt und sich verdichtet, oder von demselben sich entfernt, indem sie sich verdünnt. Hält man den Stab in ein Viertel seiner Länge vom freien Ende aus und reibt in der Mitte, so bilden sich zwei Schwingungsknoten, während nicht nur an den freien Enden, sondern auch in der Mitte Stellen stärkster Hin- und Herbewegung oder Schwingungsbäuche liegen; die Octave des Grundtones erklingt. Mit drei Schwingungsknoten klingt die Quinte dieser Octave; die harmonische Oberreihe ist überhaupt dieselbe, wie bei querschwingenden Saiten. — Eine andere Reihe erhält man, wenn man das eine Ende des Stabes absolut unbeweglich befestigt. Der Grundton liegt eine Octave tiefer, als wenn der Stab an beiden Enden frei wäre; zwischen dem Schwingungsknoten am befestigten und dem Schwingungsbauche am freien Ende ist jetzt nur eine Viertelwelle enthalten. Der erste Oberton ist die Quinte der Octave, da der Stab dann zwei Schwingungsknoten und drei Viertelwellen enthält. Man erkennt leicht, daß die Schwingungszahlen der Obertöne in







beiderseits freien und in einerseits befestigten Stäben nach den folgenden Zahlenreihen fortschreiten:

beiderseits freie Stäbe	1	2	3	4	.	.	.
einerseits befestigte Stäbe	1	3	5	7	.	.	.

Diese Schwingungsart hat indessen keine musikalische Anwendung gefunden, so wenig, wie die Drehschwingungen, in welchen ein Stab tönt, der am einen Ende eingespannt, am anderen rechtwinkelig gegen seine Längenrichtung mit dem Violinbogen gestrichen wird.

Mehr musikalisches Interesse gewähren die Querschwingungen der Stäbe. Um ihre Gesetze zu erkennen, ruft man sie, ähnlich wie diejenigen der Platten, durch Streichen mittelst des Violinbogens hervor, die Abtheilungsart verräth sich durch die Knotenlinien, in welchen sich aufgestreuter Sand anhäuft. Wenn ein Stab beiderseits frei ist, so hat er bei der einfachsten Schwingungsart zwei Knotenpunkte im Abstand von etwa $\frac{1}{5}$ seiner Länge von den Enden. Während die mittlere Abtheilung aufwärts schwingt, bewegen sich die Enden abwärts und umgekehrt. Der Stab kann aber auch drei, vier, ja der Theorie zufolge jede noch so große Anzahl von Knotenpunkten haben, nur ist es nicht leicht, jede dieser Schwingungsarten nach Belieben einzuleiten. Wenn sich bei irgend einer Abtheilungsart die Knotenlinien durch aufgestreuten Sand scharf abgezeichnet haben, findet man, bei Stäben aus homogener Masse wenigstens, die Abstände je zweier nächsten Knotenlinien durchaus gleich; nur gegen die Enden hin trifft man kürzere Abtheilungen, die vorletzte nach jeder Seite hin ist nur $\frac{9}{10}$, die letzte nur $\frac{1}{3}$ so lang, als eine Abtheilung in der Mitte des Stabes. Eine Vergleichung der inneren Knotenabstände bei verschiedenen Abtheilungsarten desselben Stabes mit den sie begleitenden Tonhöhen zeigt, daß die Schwingungszahlen sich stets umgekehrt wie die Quadrate der Länge jener Abtheilungen verhalten. Dieß ist ein characteristischer Unterschied zwischen den Schwingungen von Stäben, welche, gleich wie Platten und Glocken, durch die innere Steifigkeit ihrer Masse Elasticität besitzen und ihre Form behaupten, und zwischen den Schwingungen von Saiten und dünnen Fäden, welche erst durch äußere Spannung zum Tönen geeignet werden. Eine Verkürzung der Saiten auf $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ der anfänglichen Länge läßt den Ton

um eine Octave und um eine Duodecime steigen, während bei den Stäben in jenen Fällen die Doppeloctave und die Secunde der dritten Octave auftritt, indem die Schwingungszahl im Verhältniß von 1 : 4 und von 1 : 9 sich erhöht.

Die oben angeführte Beziehung zwischen der Länge einer inneren Abtheilung und der Tonhöhe gilt auch noch, wenn der tönende Stab an einem Ende, oder auch, wenn er an beiden Enden fest eingespannt ist. Zählt man die eingespannten Stellen als Knotenpunkte mit, so entsprechen:

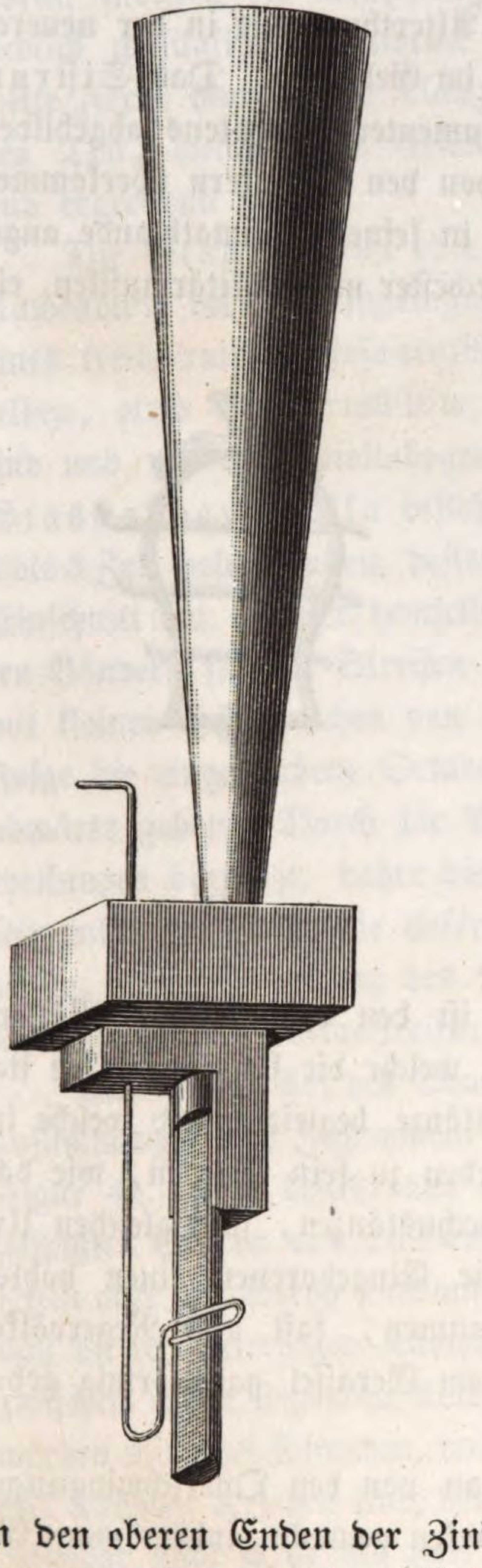
	2	3	4	5	. . . . n	Knotenpunkten
die Schwingungszahlen	3^2	5^2	7^2	9^2	$(2n-1)^2$	

Es ist offenbar, daß wenn auch eine Saite oder eine Pfeife mit einem Stabe gleichgestimmt ist, so daß die Grundtöne, welche sie bei der einfachsten Schwingungsart geben, gleich sind, doch keineswegs die Aliquottöne oder die Töne der harmonischen Oberreihe übereinstimmen können. Ein am einen Ende befestigter Stab kann auch in seiner ganzen Länge, also mit nur Einem Knotenpunkte, schwingen. Der Ton in diesem Falle verhält sich zu dem ersten in obiger Reihe sehr nahe wie $2^2 : 5^2$. Der erste Oberton ist also schon die Sexte der Doppeloctave des Grundtones.

Bei Stäben aus gleicher Masse aber von verschiedener Form ist außer der Länge auch noch die Gestalt des Querschnittes von wesentlichem Einfluß auf die Tonhöhe. Haben zwei Stäbe rechteckigen Querschnitt und sind sie auf einerlei Weise eingespannt, so verhalten sich die Schwingungszahlen der tiefsten Töne, welche sie geben, umgekehrt wie die Quadrate der Längen und gerade wie die Dicken der Stäbe, während die Breite ohne Einfluß ist.

Diese so äußerst einfachen Sätze gelten freilich nur, wenn die Stäbe durchaus gleichmäßigen Querschnitt haben, wie dieß z. B. bei den Metallzungen der Orgelpfeifen, der Harmonica und des Aeolodicons der Fall ist, während bei einem bekannten, anspruchslosen Instrument, der Maultrommel, die Zunge nicht so regelmäßig gebildet ist. Bei den Zungenpfeifen der Orgel kann der frei schwingende Theil der Zunge, wie die folgende Figur zeigt, mittelst eines federnden Messingdrahtes, der sogenannten Stimmkrücke, verkürzt oder verlängert werden. Die Tonhöhe der Zunge allein ändert

Fig. 39.



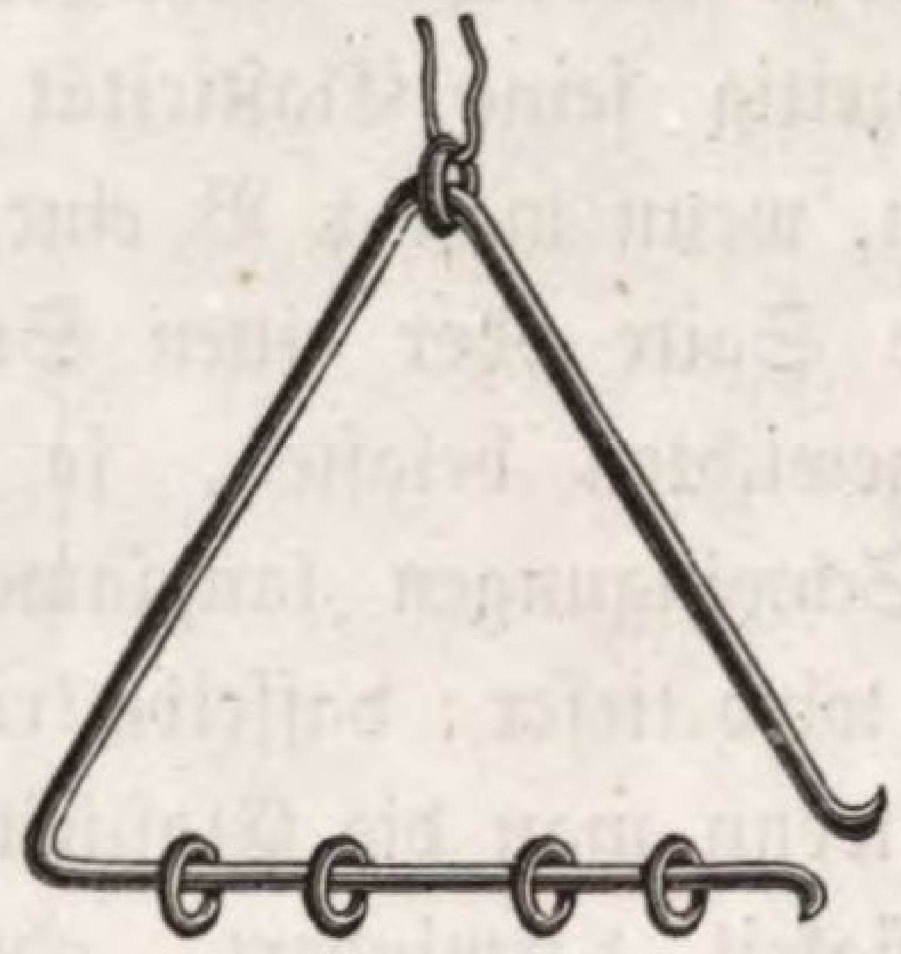
sich hier im umgekehrten quadratischen Verhältniß ihrer Länge. Die Höhe des Tones aber, welchen die ganze Pfeife ausgiebt, hängt außer von der Stimmung der Zunge noch von den Schwingungen einer Luftsäule ab, in einer Art, welche in späteren Betrachtungen erörtert werden wird.

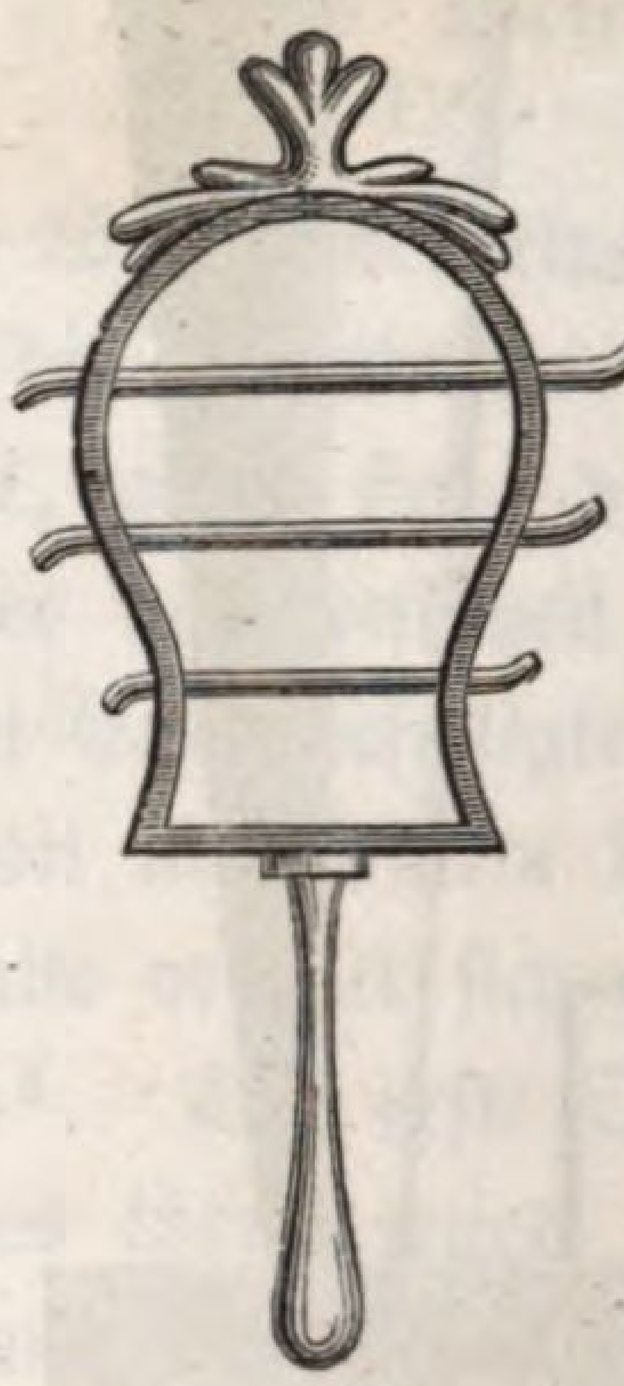
Wenn man das Gewicht eines tönenden Körpers vermehrt, ohne gleichzeitig seine Elasticität zu erhöhen, wenn man z. B. eine schwingende Saite oder einen Stab mit Bleigewichten belastet, so werden die Schwingungen langsamer, der Ton wird tiefer; dasselbe tritt dann ein, wenn man die Elasticität oder Steifigkeit vermindert, ohne das Gewicht zu ändern. Eine Stimmgabel kann man um Bruchtheile einer einzigen Schwingung höher oder tiefer stimmen. Höher, indem man an der Stirnfläche der Zinken durch einen Feilstrich Weniges abnimmt, oder die Zinken an ihren Enden nur Weniges in der Dicke vermindert, da auf diese Weise zwar das Gewicht verringert, aber der Steifigkeit nicht merklich Abbruch gethan wird. Tiefer, indem man an den oberen Enden der Zinken kleine Gewichte ansetzt, oder indem man an den unteren Enden der Zinken durch Ausfeilen etwas an der Dicke abnimmt. Die Masse an dieser Stelle wird bei den Schwingungen so gut wie nicht bewegt, kann also durch ihre Trägheit auf die Dauer dieser letzteren keinen merklichen Einfluß äußern;

dagegen ist es gerade die Steifigkeit an dieser Stelle, welche die einmal eingeleitete Bewegung unterhält.

Klingende Stäbe finden sich im Alterthum wie in der neueren Zeit als Lärm- und Rasselinstrumente im Gebrauch. Das Sistrum erblickt man auf den ältesten Monumenten Aegyptens abgebildet, die Griechen und Römer hatten es von den Aegyptern überkommen und noch heutzutage findet man es in seinem Heimathlande angewendet. Das Triangel unserer Orchester und Militärmusiken, ein

Fig. 40.





zum Dreieck gebogener Stahlstab, ist den orientalischen Völkern entliehen, und auch die Castagnetten, welche die spanischen, die italienischen und südfranzösischen Volkstänze begleiten und welche im modernen Ballet unentbehrlich geworden zu sein scheinen, wie das ähnliche Crotalon einst bei den Bacchustänzen, sind gleichen Ursprungs; in Semeera schlagen die Eingeborenen einen hohlen Eisenstab mit dem bewaffneten Daumen, fast alle Negervölker Afrikas begleiten ihre Tänze mit dem Gerassel gabelförmig gebogener Eisenstäbe.

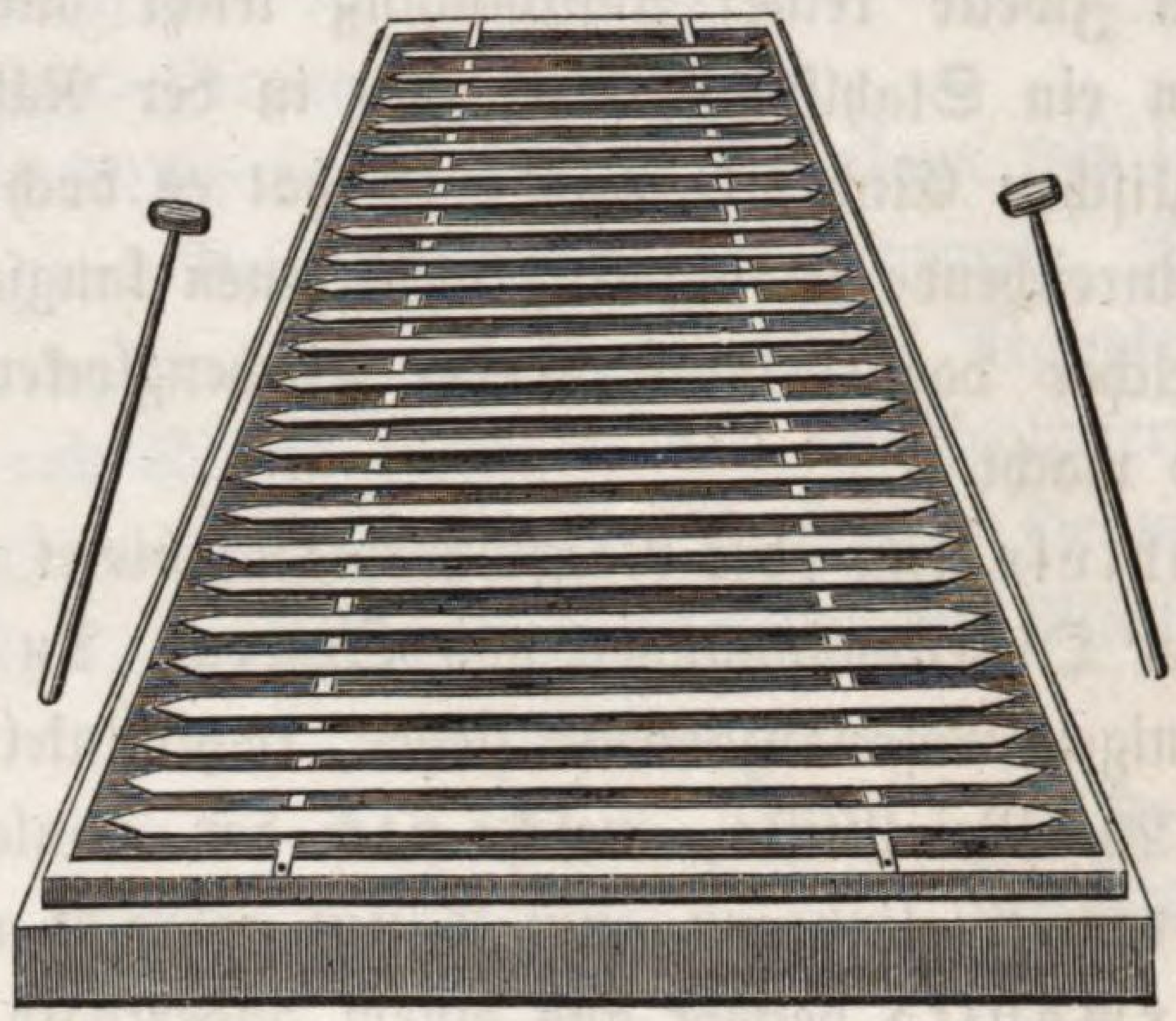
Eine edlere Anwendung hat man von den Querschwingungen der Stäbe zum Ersatz der Kirchenglocken gemacht, indem man Geläute von frei aufgehangenen Stahlstäben einrichtete. Die Schwierigkeit, den Guß großer Glocken so zu leiten, daß man des Zusammenstimmens derselben in einem reinen Dur- oder Mollaccord im Voraus gewiß sein kann, läßt ohne Zweifel ein Geläute aus Stahl-

stäben vortheilhaft erscheinen, bei welchen eine nachträgliche Bearbeitung zum Zwecke reiner Abstimmung leicht auszuführen ist. Wenn indessen ein Stahlstabgeläute auch in der Nähe einen ganz lieblich musikalischen Eindruck macht, so hat es doch nicht jene in weite Ferne hinreichende Klangfülle, nicht jenen langsam verhallenden Ton, welcher das Geläute großer Kirchenglocken so feierlich und ergreifend macht.

Die Stahlvioline oder Nagelharmonika bietet ebenfalls eine Anwendung der Querschwingungen von Stäben. An dem Umfang eines kreisförmigen Resonanzbodens stehen, rechtwinkelig gegen denselben, etwa 20 Metallstifte, welche nach der Tonleiter gestimmt sind und mit dem Violinbogen zum Tönen gebracht werden. Die Glasstabharmonika besteht aus einem anderthalb Fuß langen, 2 bis 3 Zoll hohen Kasten, dessen Deckel einen ungefähr 2 Zoll breiten Einschnitt hat. Unter demselben liegen auf zwei straff ausgespannten Bändern schmale Streifen von gewöhnlichem Fensterglas, welche, mit kleinen Hämmerchen von Korkholz angeschlagen, in diatonischer Folge die eingestrichene Octave, nebst noch einigen Tönen auf- und abwärts geben. Durch die Bänder werden die schwingenden Abtheilungen begrenzt, daher dieselben geneigt gegeneinander gespannt sein müssen, um für die tieferen Töne mehr Raum zwischen sich zu lassen. Die Stimmung des Instrumentes kann dann allein durch Verschiebung der Glasstreifen auf ihrer Unterlage geschehen.

Ein in der Art des Baues ähnliches, aus klingenden Holzstücken zusammengesetztes Instrument ist die Strohfiedel oder Holzharmonika, Figur 41. Sie besteht aus halbcylindrischen, oben und unten zugespitzten Stäben von Tannenholz, welche auf ausgespannten Strohseilen oder mit Stroh umwundenen längeren Holzstäben so aufliegen, daß diesen Unterlagen Knotenpunkte der Stäbe entsprechen und die zwischen ihnen liegenden Abtheilungen die Töne geben. Diese Töne werden mit zwei Stäbchen, welche, ähnlich den Trommelschlägeln, oben mit Knöpfen versehen sind, hervorgerufen; es können also beim Spiel offenbar nicht mehr als zwei Töne zugleich angegeben werden. Das Instrument ist in unvollkommener Form seit undenklichen Zeiten bei den Russen, Kosacken, Tartaren, Polen, besonders aber unter den Gebirgsvölkern der Karpathen und des Urals unter dem Namen

Fig. 41.



Jerova i Salamo im Gebrauch. Als deutsches Instrument wird es schon gegen die Mitte des 16. Jahrhunderts von Martin Agricola beschrieben und mit einer Scale von 25 Tönen von F bis f_2 abgebildet. Noch ist die Holzharmonika nicht ganz verlassen, und der große Beifall, welchen Gusikow in den Jahren 1831 bis 1836 auf seiner Kunstreise durch ganz Europa fand, beweist, welcher musikalischer Wirkungen selbst ein so einfaches Instrument bei genialer Behandlung fähig ist. — Auch bei den Chinesen findet sich ein Instrument aus klingenden Holzstäben, welche über eine metallene Vase in Form eines Schiffbauches gelegt sind; die Siamesen besitzen in dem Bran-nan ein aus Holzstäben bestehendes Instrument, in welchem diese Stäbe im Bogen aneinander gestellt sind, und wie diejenigen der Strohfiedel, mit Klöpfeln geschlagen werden.

Alle die genannten Instrumente, in welchen schwingende Stäbe den Ton geben, gehören zu der Klasse von weniger vollkommenen musikalischen Werkzeugen, welche Chladni Klinginstrumente genannt hat, im Gegensatz zu den Singinstrumenten, deren Ton beliebig angehalten werden kann und eines stetigen Anschwellens und Wiederabnehmens fähig ist, wie die Töne der mit dem Bogen gestrichenen Saite und der Blasinstrumente. Gerade darum, weil die Saite und die schwingende Luftsäule zu dem gedachten Zwecke bereits ausgebeutet waren, stellte sich der genannte Akustiker die Aufgabe, ein Singinstrument zu erbauen, in welchem schwingende Stäbe

die Tonquelle abgeben. Sollte ein Stab, welcher an einem oder an zwei Enden befestigt ist, einen Ton geben, welcher allein von der Steifigkeit, dem Gewicht und der Form des Stabes abhängig ist, so müßte er mit sehr schweren Massen auf eine äußerst innige, unveränderliche Art verbunden sein. In dem Bau eines musikalischen Instrumentes aber lassen sich diese Bedingungen nicht leicht verwirklichen, Chladni wählte darum als Tonquelle Eisenstäbchen mit beiderseits freien Enden, welche, um die einfachste Schwingungsart hervorzurufen, an zwei von den Enden um gleich viel abstehenden Punkten auf einer Holzleiste aufgelegt waren, die ihrerseits mit einem Resonanzboden in Verbindung stand. Die freien Enden des Stabes bildeten entweder seine geradelinige Verlängerung, oder sie waren in möglichst ebenmäßiger Rundung gebogen. In der Mitte der Stäbe, also an demjenigen Punkt der mittleren Abtheilung, welcher die stärksten Schwingungen annehmen sollte, rechtwinkelig gegen ihre Richtung, waren sogenannte Streichstäbe von Holz oder von Glas befestigt, auf welche die schwingungerregende Kraft unmittelbar wirkte.

Von Holz waren die Streichstäbchen in dem sogenannten Clavicylinder. Durch Treten mit dem Fuße wurde in diesem Instrumente eine gläserne Walze in Umdrehung versetzt, welche gleiche Länge hatte mit einer Claviatur von etwas mehr als 4 Octaven von D bis f_3. Ein Schwungrad gab der Umdrehung der Walze eine hinlängliche Gleichmäßigkeit. Das Niederdrücken der Tasten brachte die Streichstäbe je nach Belieben in mehr oder weniger innige Berührung mit der Walze. Am Punkte der Berührung war der Streichstab mit einem Tuchstreifchen belegt, die Walze wurde vor dem Spielen jedesmal mit Wasser benetzt, damit das Ansprechen der Töne rascher und sicherer erfolge.

Ist schon der Clavicylinder darin der Orgel ähnlich, daß er mehr für gebundene, gehaltene, durch gute Harmonie unterstützte Sätze geeignet ist, als für solche, in welchen schnell laufende und springende Gänge vorkommen, so ist dieß noch mehr mit dem Euphon der Fall, in welchem die Streichstäbe von Glas sind und unmittelbar mit den benetzten Fingern gestrichen werden. Anstatt der Tasten einer Claviatur hat man die Reihe der Streichstäbe vor

sich. Chladni wählte sie für die ganzen Töne von milchweißem, für die Halbtöne zur Erleichterung der Uebersicht von farbigem Glase.

Die tiefen Töne sprechen leichter auf dem Euphon an, als auf dem Clavicylinder, im Ganzen jedoch steht das erstere Instrument nur in dem Range einer Harmonika und zeichnet sich mehr durch das Sanfte und Aetherische des Klanges, als durch die Vielseitigkeit des Gebrauches aus.

Es leuchtet ein, warum die beiden Instrumente, welche der genannte deutsche Akustiker mit so rühmlichem und aufopferndem Fleiße ausführte, niemals größere Verbreitung als Concertinstrumente erlangen konnten. Mit der Orgel aber als Begleitungsinstrument des religiösen Gesanges zu rivalisiren vermochten sie nicht, da sie bei Weitem nicht die Fülle und das Durchgreifende des Orgeltones besitzen, welcher sich in großen Räumen wirksam erweisen muß.

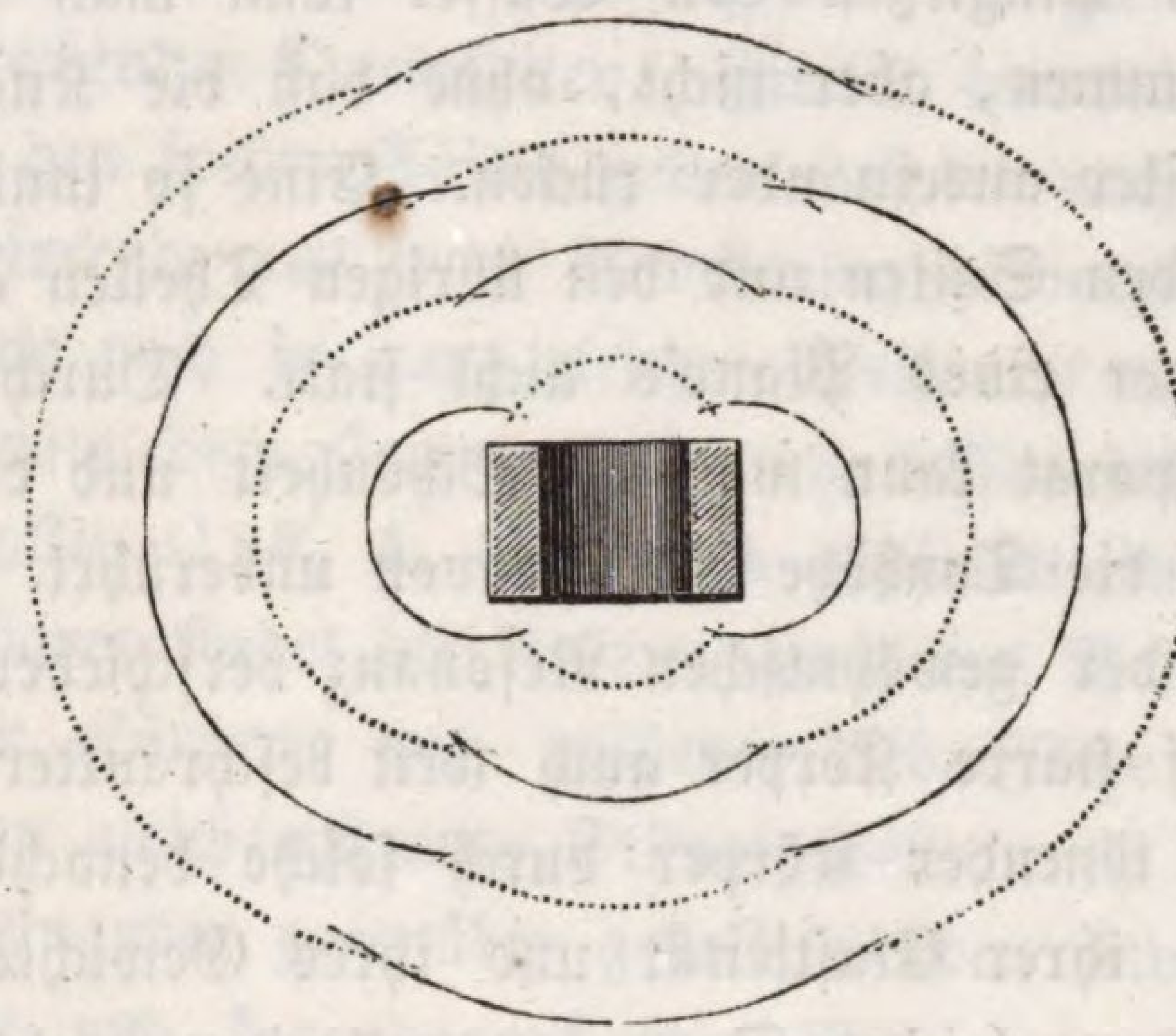
Aehnliches Schicksal, auf den Gebrauch weniger Liebhaber beschränkt zu bleiben, theilte noch eine große Zahl anderer Instrumente, in welchen klingende Stäbe das Tongebende sind, das Melodicon, bei welchem eine Reihe auf einen Resonanzboden aufgeschraubter Stimmgabeln mittelst einer Tastatur angeschlagen wird, das Nagelclavier, bei welchem Eisenstifte durch ein mit Colophonium bestrichenes Leinenband, das Panmelodicon, in welchem Eisenstäbchen, das Terpodion, in welchem Holzstäbe mittelst einer Walze in Schwingung versetzt und zum Tönen gebracht werden.

Saiten und Stäbe bedürfen nicht darum allein der Tonverstärkung durch Resonanz, weil sie der Luft so wenig Oberfläche darbieten, sondern auch weil die bei jeder Schwingung auf der Vorder- und Hinterfläche gleichzeitig entstehenden Verdichtungs- und Verdünnungswellen in einigem Abstand von der Tonquelle zusammengehen und ihre Wirkung gegenseitig schwächen.

Eine tönende Stimmgabel sendet bei jeder Schwingung von der Innenfläche der Zinken eine Verdünnungswelle aus, in demselben Augenblick, in welchem von den Außenflächen Verdichtungswellen ausgehen. Wenn man die Gabel vor dem Ohre dreht, unterscheidet man sehr wohl die vier Richtungen, in welchen beide Wellensysteme ihre Wirkung compensiren (wie dieß die folgende Figur, in welcher

die Endflächen der Gabel sichtbar sind, andeutet) und darum auch nicht mehr auf das Gehör wirken.

Fig. 42.



In geringem Abstande von der Gabel hat eine so vollständige Durchdringung beider Wellensysteme stattgefunden, daß man kaum noch einen Ton vernimmt. Wenn man den Gabelfuß, welcher bei jeder Schwingung einmal sich hebt und senkt, auf eine Resonanzplatte aufsetzt, erhält man erst wieder einen kräftigen Ton, da von der mitschwingenden Fläche nur Wellen Einer Art in merklicher Stärke zum Ohre gelangen. — Jedesmal, wenn die Resonanz durch das Mitschwingen starrer Körper hervorgebracht wird, sind die eigentlichen Tonerreger nur an dieselben gelehnt, wie die Gabel auf die Tischplatte, die Saiten auf den Steg und den Sattel, damit ihre Tonhöhe unabhängig von den mitschwingenden Massen bleibt, welchen die Bewegung durch kleine Stöße der Saiten oder Stäbe mitgetheilt wird. Körper, welche innig miteinander verbunden sind, müssen sich stets in den Schwingungen aller ihrer Theile in Einklang setzen und dann wirkt die Elasticität, die Spannung und das Gewicht jedes einzelnen Theiles mitbedingend auf die Tonhöhe. Saiten und Stäbe würden dann den einfachen Character verlieren, welcher ihre Tonhöhe im Voraus nach Länge und Spannung zu bemessen gestattet und ihre leichte musikalische Behandlung bedingt.

Wenn man rechtwinkelig gegen den Rand einer Glasglocke tannene Stäbchen festkittet und sie mit Sand bestreut, so kann man an

der Anordnung der Knotenlinien wahrnehmen, daß mit der Höhe des Tones, welchen man durch Streichen mit dem Violinbogen der Glocke entlockt, auch die Dauer der Schwingungen jener Stäbe sich ändert. Durch Eingießen von Wasser kann man den Ton der Glocke tiefer stimmen, aber nicht, ohne daß die Knotenlinien auf den Stäben weiter auseinander rücken. Eine so innige Beziehung findet zwischen den Saiten und den übrigen Theilen eines Streichinstrumentes oder eines Piano's nicht statt. Durch Aenderungen am Resonanzapparat kann man die Schönheit uud die Stärke des Tones erhöhen, die Tonhöhe bleibt davon unberührt.

Eine von der gewöhnlichen Resonanz verschiedene und in der Anwendung auf starre Körper auch weit beschränktere Tonverstärkung erhält ein tönender Körper durch solche benachbarte Massen, welche vermöge ihrer Elasticität und ihres Gewichtes fähig sind, Schwingungen von gleicher Dauer zu vollenden, welche also gleichgestimmt sind. In einem Zimmer, in welchem Saiteninstrumente sich befinden, vermag ein Ton alle gleichgestimmte Saiten in mittönende Schwingungen zu versetzen; auch die Saiten der Octave, der Duodecime, kurz der harmonischen Oberreihe klingen leise mit und solche, welche um eine Octave oder eine Duodecime tiefer gestimmt sind, theilen sich unter dem Einfluß der durch die Luft gehenden Schallwellen in zwei oder drei schwingende Abtheilungen und tönen im Einklang mit. Eine einzige Luftwelle vermag bei der geringen Oberfläche, welche die Saiten dem Stoße darbieten, gewiß nur wenig; aber die hundert- oder tausendmalige Wiederholung in einer Secunde summirt die Wirkung bei allen gleichgestimmten Saiten, während bei ungleich gestimmten, wegen der Verschiedenheit der Schwingungszeiten, jeder folgende Wellenschlag die Wirkung des vorhergehenden theilweise vernichtet. Für den Ton der tieferen Octave ist die Aufhebung jedes Impulses durch den folgenden sogar eine vollständige.

In einem bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts sehr verbreiteten und beliebten Streichinstrument, der Viole d'amour, war Anwendung von der Resonanz gleichgestimmter Saiten gemacht. Dieses Instrument, der Größe nach zwischen der Viola und dem Violoncelle stehend, hatte einen sehr zarten lieblichen Ton; wahr-

scheinlich darum, weil die 6 oder 7 Darmsaiten auf einem sehr hohen Steg, weit vom Resonanzboden, gespannt waren. Unter den Darmsaiten, dicht über dem Resonanzboden und dem Hals des Instrumentes weg, liefen sieben Messingsaiten in gleicher Stimmung mit den entsprechenden Darmsaiten. Freilich konnte die mitklingende Resonanz nur den freien Saiten gelten und es mußte im Uebrigen manches Verwirrende aus jener Anordnung hervorgehen. Dieselbe findet sich heute noch in ganz gleicher Weise an einem arabischen Streichinstrumente, dem Kemangeh-roumy, dessen sechs Darmsaiten in den Intervallen C, F, A, cis, fis, h gestimmt sind.

Weit hörbarer findet die Uebertragung des Tones durch Luftwellen zwischen Körpern von größerer Oberfläche statt. Wenn zwei vollkommen gleichgestimmte Stimmgabeln, auf Resonanzkästen aufgeschraubt, einander gegenüber gestellt werden und man eine derselben anschlägt und kurz darauf ihre Bewegung wieder hemmt, hört man die andere, ohne daß sie berührt wurde, laut ertönen. Von einer tönenden Glasglocke überträgt sich der Ton durch die Luft auf eine gespannte Membran mit solcher Stärke, daß sich aufgestreuter Sand plötzlich in Resonanzfiguren ordnet. Selbst Thüren und Fenster eines Concertsaales kann man bei gewissen Tönen plötzlich klirren hören, wenn sich stehende Schwingungen auf denselben bilden.

Die Luftmassen in den Kästen der Saiteninstrumente tragen zur Tonverstärkung bei; Boden und Decke übertragen auf dieselben die Schwingungszustände aller Töne, welche im Umfang des Instrumentes liegen. Die stärkste Resonanz giebt aber eine Luftmasse dann, wenn sie mit dem zu verstärkenden Ton gleichgestimmt ist, also, als Pfeife angeblasen, in gleicher Höhe tönen würde. Der Ton schwingender Stäbchen, wie z. B. der Zinken der Stimmgabel, wird durch gleichgestimmte cylindrische Luftsäulen schon darum bedeutend verstärkt, weil nur die von Einer Seitenfläche ausströmenden Wellen zur Bildung der stehenden Schwingungen mitwirken. Ein interessantes Beispiel solcher Tonverstärkung bildet der Gender, eines der zahlreichen auf Java gebräuchlichen Schlaginstrumente. Der Gender, wie ihn Stramford Raffle mit nach Europa brachte, besteht aus elf Metallplatten, welche an zwei aus-

gespannten Fäden horizontal aufgereiht und so abgestimmt sind, daß sie die diatonische Tonleiter durch zwei Octaven, mit Ausnahme der Quarte und Septime, geben. Unter jeder Platte steht ein mit ihr gleichgestimmtes Bambusrohr, dessen obere Mündung nach Belieben des Spielers mit einem Deckel geschlossen oder wieder geöffnet werden kann. So lange die Röhren geschlossen sind, geben die mit einem Hämmerchen angeschlagenen Platten nur einen dumpfen und rauhen Klang; dieser tritt aber hell und wohlklingend hervor, sobald bei geöffneter Röhre die Resonanz der Luft zur Mitwirkung kommt.

Inhalt der ersten Lieferung.

8. Flötenpfeifen und Zungenpfeifen.

Das Schilfrohr, das von der Natur hohl geschaffene Horn des Stieres und die spiralförmig gewundene Thurmschnecke (Tritonsmuschel) gaben das Material zu den ersten Blasinstrumenten; es entstanden aus diesen das schmetternde Horn und die Trompete, aus jenem die sanftere Syrinx und Flöte. Die alten Aegypter, die Hebräer und Griechen, die Briten, Gallier und Deutschen kannten diese Instrumente; dem Cheng der Chinesen wird ein Alter von mehr als 4000 Jahren zugeschrieben. Aber der Character der vorchristlichen Instrumentalmusik, fast ausschließlich als Begleiterin des Gesanges und der getragenen Rede zu dienen, wies den Saiteninstrumenten im Allgemeinen eine höhere Stellung an, als der Flöte und dem Horn. Jene konnte die musikalische Genügsamkeit des Hirtenlebens befriedigen, während Horn und Trompete zu Signalen und Rufen bei religiösen Ceremonien, bei rauschenden Festen und im Kriege dienten, wozu ihre laute, dem Tone der Saiten weit überlegene Klangfülle sie vorzugsweise befähigte. Der Orgel, ursprünglich aus der Vermählung der Syrinx und der Sackpfeife entstanden, ward zuerst eine vornehmere musikalische Rolle, sie mag selbst nicht wenig zur Entwicklung der Harmonielehre beigetragen haben; sind doch die einfachsten harmonischen Töne, die Octave, die Quinte, die Quarte, die Terz, die nämlichen, welche man einer Orgelpfeife durch verschieden starkes Blasen nacheinander entlocken kann. Aber erst nachdem das Gebäude der Harmonie aufgeführt war und unser Tonsystem im Beginn des 18. Jahrhunderts durch die gleichschwebende Temperatur eine genauere

Bestimmung gewonnen hatte, konnte den Blasinstrumenten der höhere Grad von Vollkommenheit gegeben werden, welcher sie jetzt in unsern Orchestern auszeichnet, welcher den Künstler befähigt, in jeder Tonart mit gleicher Leichtigkeit und Reinheit zu spielen, und jene Instrumente zu würdigen Werkzeugen der herrlichen Instrumentalcompositionen unserer großen deutschen Meister umgeschaffen hat. Die Erforschung der Gesetze der Erzeugung und Verbreitung der Töne ist nicht ohne Einfluß auf jene Vervollkommnung geblieben.

Jede Bewegung, welche in einer Luftmasse erregt wird, überträgt sich in diesem vollkommen elastischen Körper von Schichte zu Schichte in immer weiteren Kreisen und hinterläßt keine Spur an der Stelle, welche sie einmal verlassen hat. Damit man die Luft in einen dauernden regelmäßigen Schwingungszustand versetzen könne, muß sie rings von starren und glatten Wänden umschlossen sein, an welchen die forteilenden Wellen zurückgeworfen werden. Auf ihrem Rückwege mit dem nachfolgenden sich kreuzend, erzeugen sie jene eigenthümliche stehende Schwingungsart, welche ein Körper jedesmal annimmt, wenn er zur selbständigen Tonquelle wird.

Wenn man sich erinnert, ein wie kleiner Theil der Bewegung von einem luftförmigen Körper in einen starren und umgekehrt von einem starren Körper auf die Luft übertragen wird (S. 58), so versteht man, warum eine schwingende Luftmasse niemals völlig gegen die umgebende Atmosphäre abgeschlossen sein darf, wenn ihre Schwingungen als Schall wirksam werden sollen. Kein Blasinstrument ist nach allen Seiten geschlossen, auch die Lufträume, deren Bewegung den Ton der Saiten, namentlich in den Streichinstrumenten zu verstärken bestimmt ist, stehen immer durch besonders angebrachte Oeffnungen mit der Umgebung in Verbindung. Die Mittheilung der Bewegung einer tönenden Luftmasse geschieht aber unter sehr vortheilhaften physikalischen Bedingungen, insofern sie bis zum Ohre hin nur unter gleichartigen Körpern erfolgt; daher rührt ohne Zweifel der helle kräftige Ton der Blasinstrumente, welchen man mit starren Körpern nur bei Anwendung großer Massen und Flächen, sowie durch möglichst freie Aufhängung zu erreichen vermag.

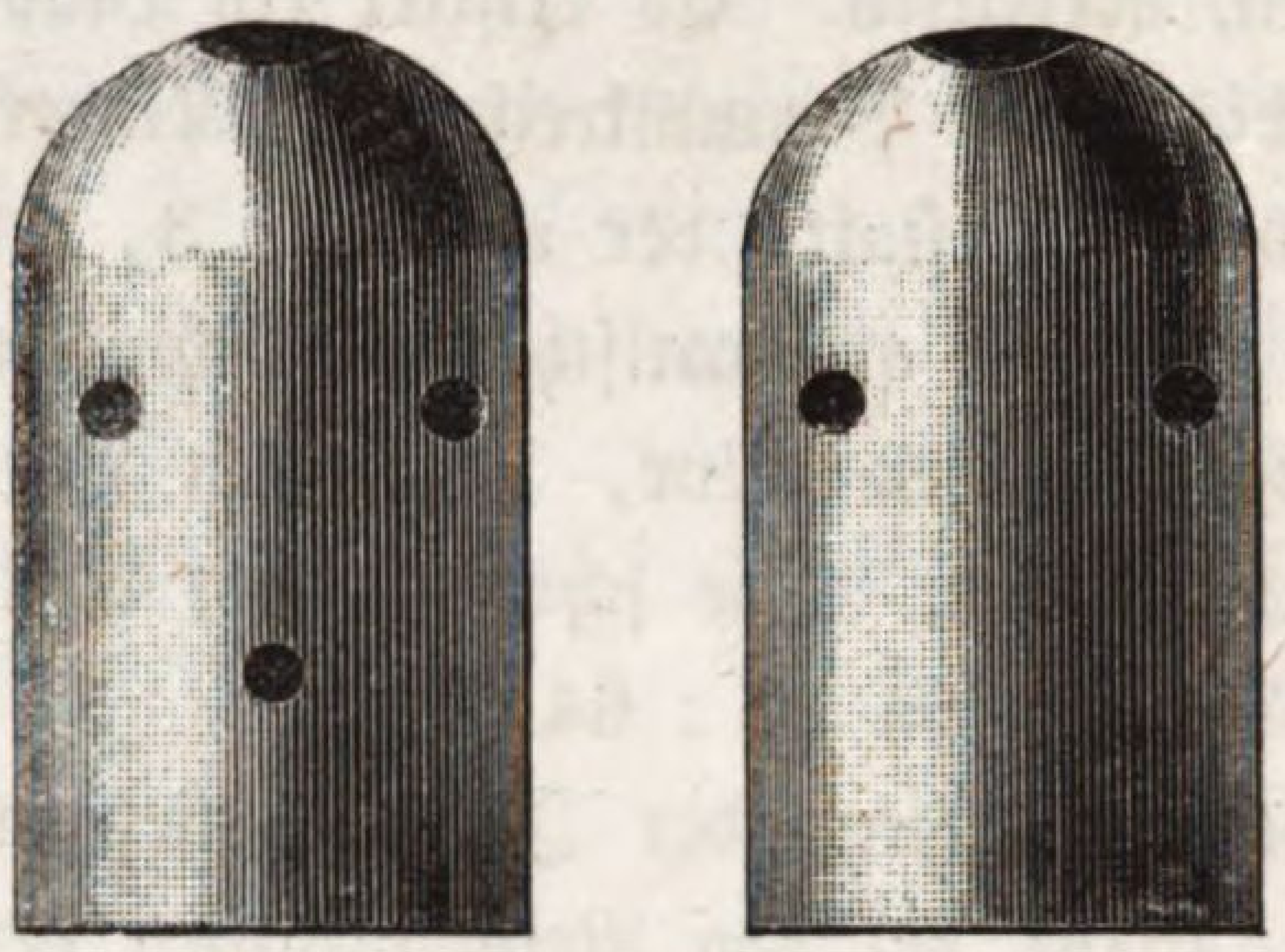
Es besteht übrigens eine große Aehnlichkeit zwischen den Schwingungsgesetzen starrer Körper, wie wir sie bei den Platten und Glocken

kennen lernten und denjenigen beliebig geformter Luftmassen. Zwei ungleichgroße Lufträume, deren Umgrenzung sowohl als ihre Verbindung mit der äußeren Luft, von geometrisch ähnlicher Form ist, geben, auf gleiche Weise in Schwingung versetzt, Töne, deren Schwingungszahlen sich umgekehrt wie die Länge, Breite oder Dicke, kurz wie zwei entsprechende lineare Ausdehnungen, verhalten. Es existirt ein Blasinstrument, welches sich selbst anbläst, der Brummkreisel der Kinder. Zwei solche Kreisel von kugelförmiger Gestalt, der eine von 3, der andere von 4 Zoll Durchmesser und mit quadratischen Ausschnitten von 6 und 8 Linien Seite versehen, geben Töne, welche im Verhältniß von Grundton und Quarte stehen. Die schwingenden Luftmassen selbst verhalten sich wie $3^3 : 4^3 = 27 : 64$.

Eine Anwendung dieses Gesetzes macht der Instrumentenbau bei den Pauken und Trommeln, sowie bei den Resonanzkästen der Saiteninstrumente. Die Durchmesser der beiden Pauken der Orchester müssen sich wie 2 : 3 verhalten, da ihr musikalischer Abstand eine Quinte ist. Die Tonlagen der vier Instrumente des Streichquartetts sind E_{-1}, C, c, g, die Schwingungszahlen dieser Töne verhalten sich wie 5 : 8 : 16 : 24; es müßten die Längen und Dicken der Resonanzkästen daher in umgekehrtem Verhältniß stehen, wenn die Aehnlichkeit der Form streng eingehalten werden sollte. Um die Kästen der tieferen Instrumente nicht zu kolossal werden zu lassen, nähert man sich der tieferen Stimmung der Resonanz gebenden Luftmassen durch verhältnißmäßig größere Höhe der Kästen und durch geringere Weite der ſ-löcher, vermittelst welcher die innere Luft mit der äußeren in Verbindung steht. Es kann letzteres jedoch nicht geschehen, ohne der Resonanz, soweit sie von der Luft ausgeht, einen Theil ihrer Kraft zu entziehen. Die Neger der Congoküste bedienen sich eines musikalischen Instrumentes (Marimba), welches aus 16 zwischen zwei Bretern aufgerichteten Kürbissen von verschiedener Größe besteht. Die Mündungen dieser hohlen Kürbißflaschen sind mit Stückchen von klingendem Holze geschlossen, auf welche der Musiker mit zwei Stäbchen schlägt. Wofern die Kürbisse von ähnlicher Gestalt sind müssen ihre Durchmesser sich umgekehrt, wie die Schwingungszahlen der Töne verhalten. — Das folgende musikalische Instrument der Chinesen, welches von den Geschichtschreibern

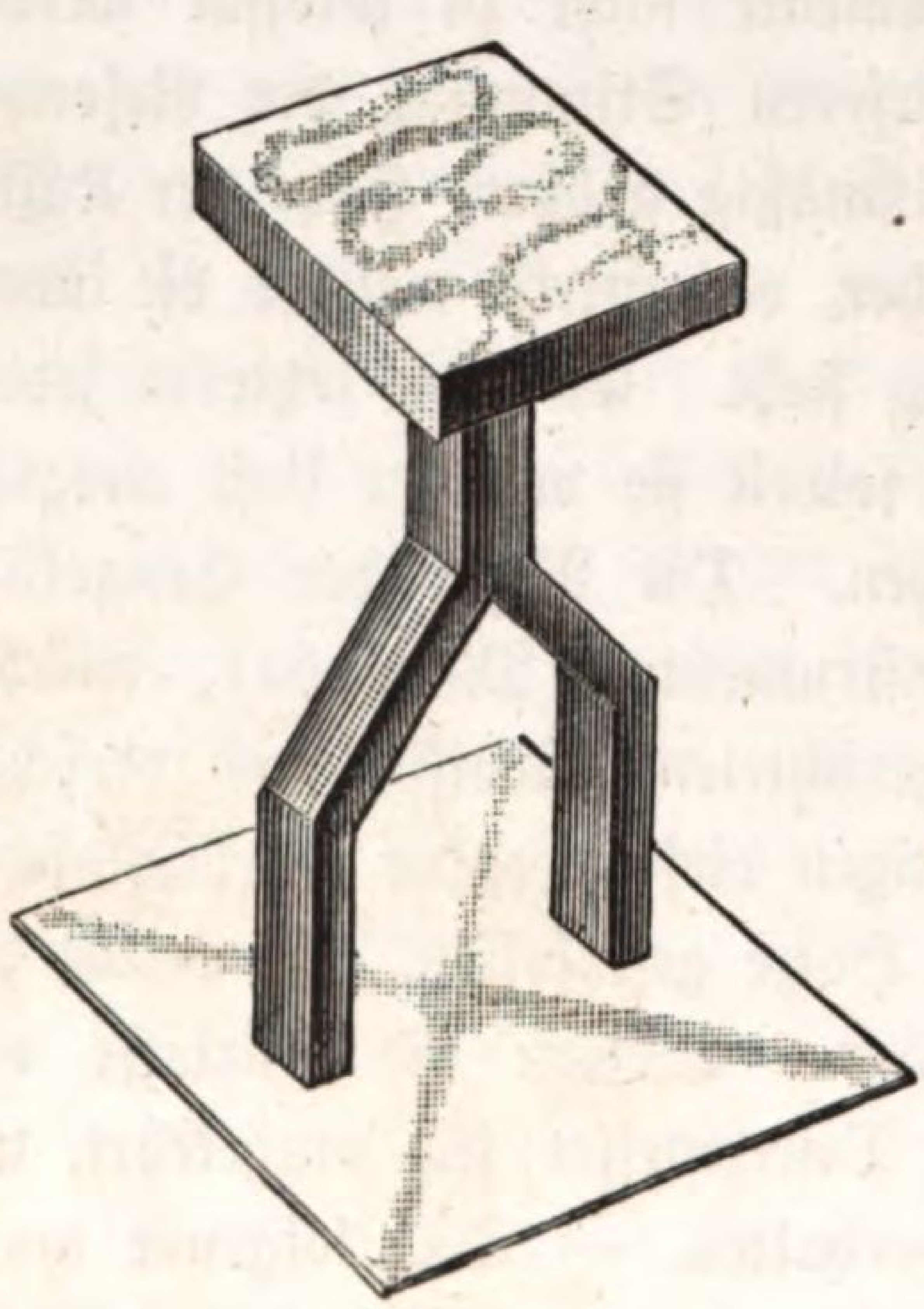
als das älteste genannt wird, das Bisen, ist ein halb eiförmiges Gefäß aus Thon. Es wird an der oben befindlichen weiteren Mündung angeblasen und ist an den Seiten mit fünf engeren Löchern versehen.

Fig. 43.



Die Bildung stehender Schwingungen aus der Durchkreuzung zurückgeworfener Wellen mit den direct fortgehenden kann bei tropfbarflüssigen Körpern, bei Seilen und Saiten, mit dem Auge unmittelbar wahrgenommen werden, man erkennt sie bei schwingenden Stäben und Platten sowie bei gespannten Häuten an der Bewegung des aufgestreuten Sandes und an der Gruppirung desselben zu Klangfiguren. Weit schwieriger ist es, diesen Hergang bei den Schwingungen der Luft zu verfolgen. Indessen, einmal vertraut mit den Gesetzmäßigkeiten, welche bei der Bildung stehender Wellen nothwendig herrschen müssen, lassen uns die Klangerscheinungen selbst keinen Zweifel, daß jener eigenthümliche Schwingungszustand jedesmal eingetreten ist, wenn ein Blasinstrument ertönt.

Fig. 44.



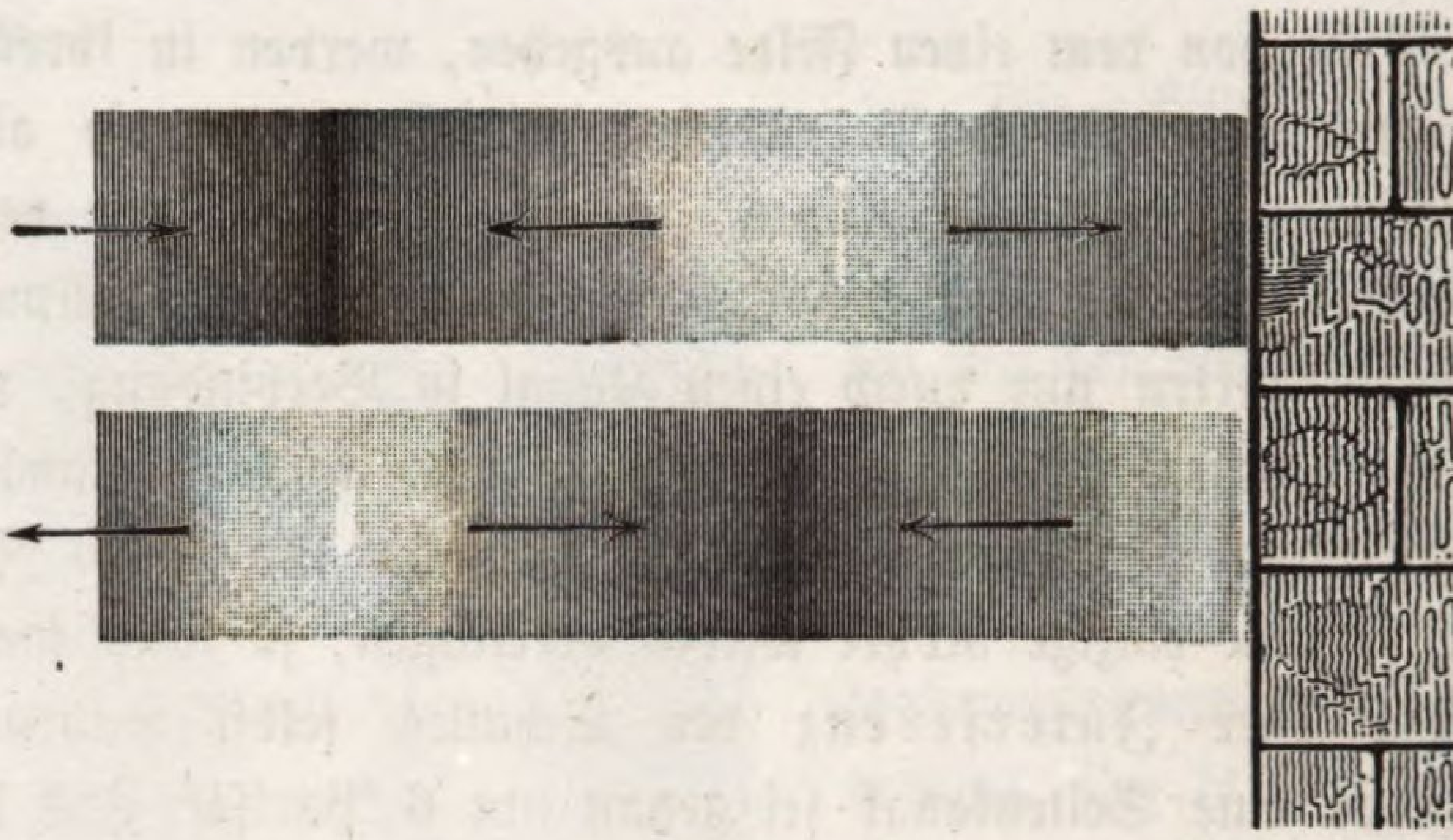
Ein Versuch, welchen wir früher beschrieben haben und welchen die beistehende Figur versinnlicht, lehrt, daß Verdünnungs- und Verdichtungswellen von gleicher Stärke, wo sie an einer Stelle im Luftraume zusammentreffen, ihre Wirkung völlig aufzuheben im Stande sind. Wenn die unteren Enden der gabelförmigen Röhre genau über die Mittelpunkte zweier aneinander

grenzenden Felder einer schwingenden Platte gerichtet sind, geräth der Sand auf der oberen Resonanzdecke nicht in Bewegung, die Verdichtung der Luft und aufwärts gerichtete Bewegung der Lufttheilchen, wie sie von dem einen Felde ausgehen, werden in ihrer Wirkung zernichtet durch die Verdünnung der Luft und die abwärts gerichtete Bewegung der Theilchen, welche gleichzeitig von dem anderen Felde aus sich verbreiten. — Setzt man ein Zimmer mit einem benachbarten nur durch einen Kanal in Verbindung, welcher an einem gewissen Punkt sich in zwei gleichweite Seitenkanäle von ungleicher Länge spaltet, die sich aber, ehe sie ins zweite Zimmer münden, in eine einzige Röhre wieder vereinigen, so kann man eine Aufhebung oder Interferenz des Schalles selbst wahrnehmen. Gesetzt, der eine Seitenkanal sei genau um 6 Pariser Zoll länger, als der andere, und es werde in dem einen Zimmer der Ton c_3, dessen Wellenlänge gleich 12 Pariser Zoll ist, in größter Reinheit angegeben, so wird an der Stelle der Wiedervereinigung auf dem kürzeren Wege bereits eine Verdünnungshalbwelle angelangt sein, wenn durch den längeren Seitenkanal erst die vorausgehende Verdichtungshalbwelle bis eben dahin vorgerückt ist; daher hört man den Ton im anderen Zimmer nicht, so lange beide Seitenkanäle offen stehen, er wird aber sofort hörbar, sobald man einen dieser Kanäle durch einen Schieber schließt.

Wenn in einigem Abstand von einer senkrechten Wand eine Tonquelle aufgestellt ist, von welcher stetig Schallwellen ausfließen, so bildet sich ein System stehender Schwingungen zwischen der Tonquelle und der Wand. An der Wand selbst können die Lufttheilchen keine Bewegungen im Sinne der Schallfortpflanzung ausführen; hier wechseln nur größte Verdichtung mit größter Verdünnung in Zeiträumen einer halben Schwingungsdauer der Tonquelle ab, es bildet sich ein Schwingungsknoten; in Abständen von ein, zwei, drei... halben Wellenlängen von der Wand trifft man dieselben Zustände der Luft, während sich an den mitten inne liegenden Stellen in ein, drei, fünf... Viertel Wellen Abstand von der Wand die Luft im Zustande starker Erzitterung befindet, ohne dabei merkliche Aenderungen ihrer Dichte zu erleiden. Man hat diese Stellen stärkster Schwingung Schwingungsbäuche genannt. Die folgende

Figur versinnlicht die beschriebenen Zustände in zwei verschiedenen, um eine halbe Schwingungsdauer aufeinander folgenden Zeitpunkten.

Fig. 45.



Wenn man das eine Ohr sorgfältig verschließt, das andere aber auf die Bahn jenes Wellenzuges bringt, so kann man deutlich die Stellen heraus hören, an welchen die Luft in vorzugsweise starker Erzitterung begriffen ist; auch das Auge unterscheidet die Orte der Schwingungsknoten von denjenigen der Schwingungsbäuche, an den Erzitterungen einer feinen, über einen kleinen Rahmen gespannten Membran. Savart hat diese Bildung stehender Schwingungen zu einer akustischen Analyse der Geräusche benutzt. Wurde das Geräusch, z. B. durch Zerknittern steifen Papieres, in einer gewissen Entfernung von einer ebenen Wand fortdauernd erregt, so fielen die Stellen stärkster Schwingung der verschieden hohen Töne, da ihre Wellenlängen ungleich sind, in ungleichen Abstand von der Wand. Wenn man das Ohr langsam und stetig von derselben entfernte, während das der Tonquelle zugewendete Ohr geschlossen war, so traten nach und nach immer tiefere Töne deutlich aus dem allgemeinen Summen hervor.

Weit kräftiger bilden stehende Schwingungen sich aus, wenn man die Wellen in eine cylindrische Röhre eintreten läßt, da sie sich dann nicht seitlich verbreiten können. Denkt man sich die Wände vollkommen starr und unnachgiebig und zugleich so glatt, daß sich keine merklichen Reibungshindernisse der bewegten Luft entgegenstellen, so wird eine Welle, einmal in die Röhre eingetreten, in ungeschwächter Kraft bis ans andere Ende gelangen und, wenn wir

uns dasselbe durch einen starren Boden verschlossen denken, in unveränderter Form zurückgeworfen, mit gleicher Geschwindigkeit den Rückweg antreten.

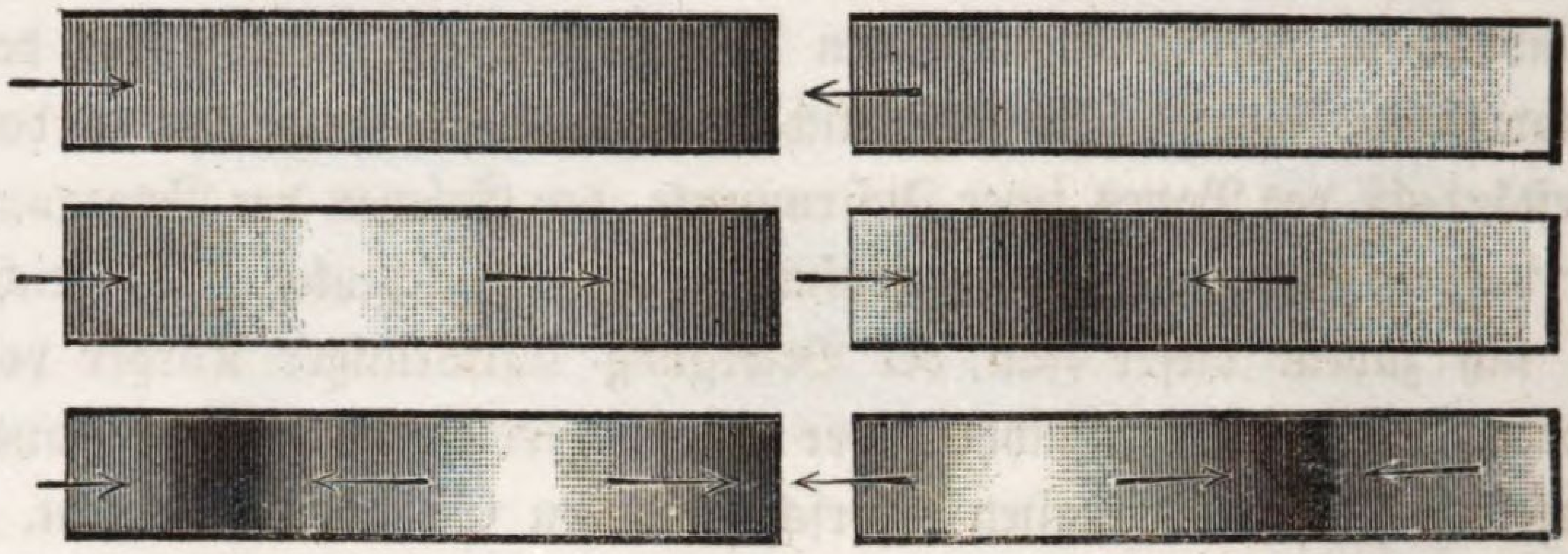
Da in den Pfeifen der Orgel, sowie in allen gebräuchlichen Blasinstrumenten unserer Orchester, die Luft entweder in wirklich cylindrischen, oder doch in solchen Röhren schwingt, welche von der cylindrischen Form nicht wesentlich abweichen, so erfordert es das Verständniß des Baues jener Instrumente, den Gesetzen der Bewegung der Luft in Röhren besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Es zeichnet sich zudem dieser Fall der Bewegung luftförmiger Körper vor andern durch die Einfachheit der dabei herrschenden Gesetze aus. Dieselben sind am Längsten erforscht und am Genauesten bekannt.

Die Bildung vollkommen stehender Schwingungen an Seilen und Saiten oder des Wassers in einer Wellenrinne erfordert, daß die durch die Schwingungsbewegung eingeleiteten Ausbiegungen oder Wellen in einem einfachen Längenverhältnisse zur Rinne, zu dem Seile oder der Saite stehen. Platten und gespannte Häute dagegen sind weit mannichfacherer Abtheilungs- und Schwingungsarten fähig. Ein ähnliches Verhältniß besteht zwischen cylindrischen oder prismatischen Luftsäulen von geringem Durchmesser einerseits und beliebig gestalteten Luftmassen andererseits. Eine stehende Schwingungsbewegung kann in einer am einen Ende geschlossenen Röhre nur dann unverändert beharren, wenn an das geschlossene Ende ein Schwingungsknoten fällt, denn hier ist die Luft von dem starren Boden aufgehalten und vermag nicht hin und wieder zu schwingen; wenn ferner am offenen Ende ein Schwingungsbauch sich befindet, denn hier steht die schwingende Luftsäule mit der äußeren Luft in Verbindung und vermag darum nicht abwechselnd Verdichtung und Verdünnung anzunehmen; den Erzitterungen, dem Hin- und Herschwanken der Luft steht am offenen Ende nichts im Wege, so wie andererseits der starre Boden am geschlossenen Ende Verdichtungen und Verdünnungen der Luft möglich macht.

Von einem Schwingungsknoten aus gemessen finden sich in einem Wellenzuge Schwingungsbäuche in Abständen von $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$ ... Wellenlängen, die angeführten Bedingungen werden daher vollkommen nur dann verwirklicht, wenn solche Luftwellen in eine gedeckte Röhre

eintreten, deren dieselbe $\frac{1}{4}$. $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$, oder jede ungerade Anzahl von Viertel faßt. Die folgende Figur versinnlicht die in Zeitabschnitten einer halben Schwingungsdauer aufeinander folgenden Zustände der Luft in den drei einfachsten Schwingungsarten.

Fig. 46.



Die Pfeile deuten die Richtung an, in welchen die Luftschichten sich bewegen. Abwechselnd geht diese Bewegung nach einem Schwingungsknoten hin oder von demselben weg, so daß die Luft daselbst sich abwechselnd verdichtet und verdünnt.

Um die Wellen, welche sich zu solchem Schwingungszustand zusammensetzen, in die Röhre zu senden, kann man vor der Mündung derselben eine Platte schwingen lassen, die vermöge ihrer Tonhöhe Wellen von der erforderlichen Länge ausgiebt. Für eine engere Röhre erfüllt schon eine schwingende Stimmgabel diesen Zweck. Hat man eine enge Röhre, in welcher ein luftdicht schließender Boden in Form eines Kolbens sich fortbewegen läßt, so bietet dieser Apparat Gelegenheit, die angeführten Schwingungsgesetze durch den Ton selbst zu bewahrheiten. Eine Stimmgabel, welche vor der Mündung der Röhre schwingt, findet im Allgemeinen an der Bewegung der Luft in der Röhre tonverstärkende Resonanz. Diese Resonanz tritt aber dann am Entschiedensten hervor, wenn die Länge der Röhre $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$ . . . kurz jede ungerade Anzahl von Viertel der von der Stimmgabel ausgehenden Wellen beträgt; sie wird schwächer, wenn die Röhre verkürzt oder verlängert wird und sinkt zum Unhörbaren herab, wenn die Länge der Röhre gleich $\frac{2}{4}$, $\frac{4}{4}$, $\frac{6}{4}$ . . . Wellenlängen geworden ist. In den letzteren Fällen trifft die Bewegung der zurückgeworfenen Welle auf ihrem ganzen Wege mit einer fast gleich starken, aber entgegengesetzt gerichteten Bewegung der directen Wellen zusammen und es findet darum in jedem Augenblick eine fast vollstän=

dige Aufhebung statt. Gesetzt, die Platte oder die Stimmgabel gebe den Ton c_1, dessen Wellenlänge gleich 48 Pariser Zollen ist, so würde eine gedeckte Röhre von 12, 36, 60 . . Zollen eine gute Resonanz, eine Röhre von 24, 48, 72 . . Zollen dagegen gar keine Tonverstärkung geben.

Es ist bekannt, daß man die Luftsäule in Röhren auch ohne andere schwingende Körper, allein durch Anblasen zum Tönen bringen kann. Es geschieht dieß z. B. bei der einfachen Rohrpfeife, bei der Flöte und bei den sogenannten Flötenpfeifen der Orgel. Wenn man einerseits geschlossenen Röhren von verschiedener Länge auf diese Weise ihren tiefsten Ton, ihren sogenannten Grundton entlockt, bei welchem ihre Luftsäulen als Viertelwellen schwingen, so stehen die Schwingungszahlen offenbar im umgekehrten Verhältnisse der Röhrenlängen. Das Blasinstrument, dessen Homer schon gedenkt, die Syrinx oder Panspfeife, besteht aus einer Reihe nebeneinander gestellter Rohrpfeifen von verschiedener Länge. Alle sind unten geschlossen und werden oben durch einen quer über die Mündung getriebenen Luftstrom angeblasen. Die Wellenlänge des f_1 ist 36 Pariser Zoll, daher eine unten geschlossene Rohrpfeife von 9 Zoll Länge diesen Ton giebt. Will man eine Reihe von Pfeifen nach der diatonischen Tonleiter darüber ordnen, so muß man ihnen die folgenden Längen nach Pariser Maß geben:

f_1	g_1	a_1	b_1	c_2	d_2	e_2	f_2	
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	
9	8	7,2	6,75	6	5,4	4,8	4,5	Zolle.

Aus der nämlichen Röhre kann man außer dem Grundton, je nach der eigenthümlichen Art des Anblasens, noch höhere Töne entlocken, indem sich dabei die Luftsäule in immer mehr schwingende Abtheilungen zerlegt, welche durch ruhende Knotenflächen getrennt sind, je höher der Ton ist. Wie bei schwingenden Saiten und Stäben existirt also auch bei den tönenden Luftsäulen eine harmonische Oberreihe. Das Intervallenverhältniß, nach welchem bei einerseits gedeckten Pfeifen die harmonischen Töne sich folgen, ist dasselbe wie bei der Länge nach schwingenden Stäben, wenn diese an dem einen Ende in einen schweren Körper befestigt sind. Da die Pfeife, wenn ein beharrender Schwingungszustand eingetreten ist, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$ oder

jede ungerade Anzahl von Viertelwellen enthält, so müssen die Schwingungsmengen der Töne, welche sie zu geben vermag, nach der Reihe der ungeraden Zahlen zunehmen. Gesetzt der Grundton einer einerseits gedeckten Pfeife wäre C, so lassen sich hiernach die Töne der harmonischen Oberreihe leicht wie folgt musikalisch bestimmen:

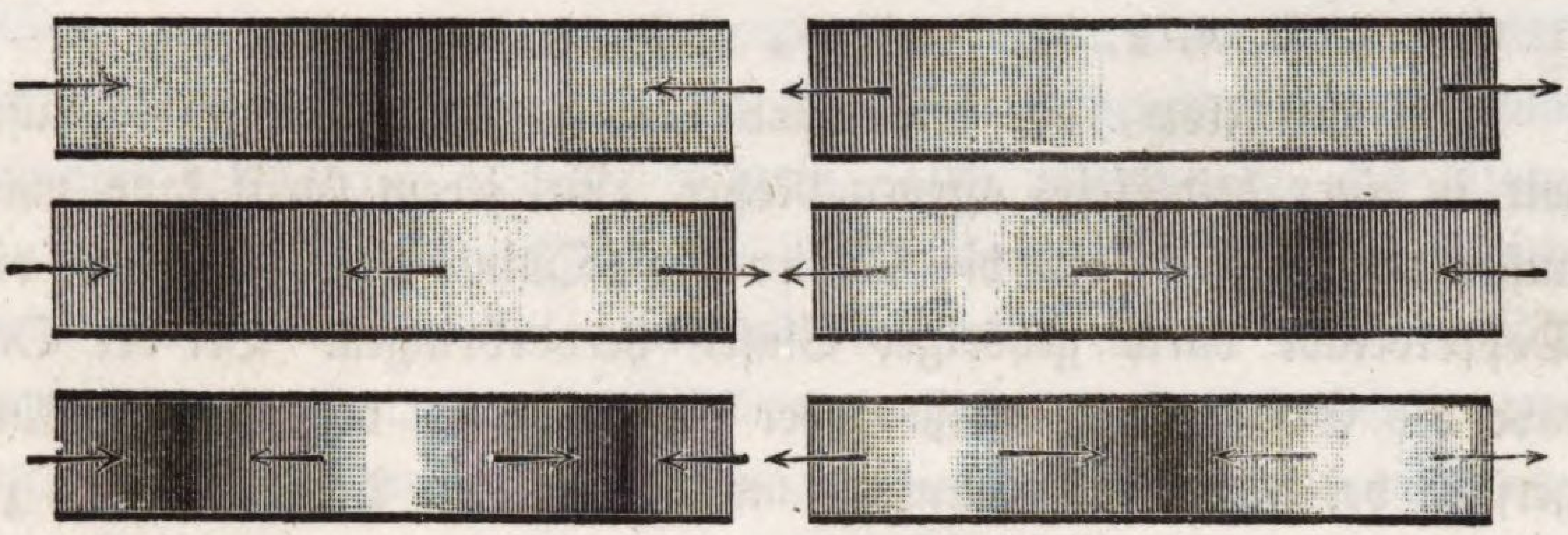
1	3	5	7	9	11	13	15 . .
C	g	e_1	b_{1-}	d_2	f_{2+}	a_{2+}	h_2

Das Zeichen — neben einer Tonbezeichnung bedeutet, daß der harmonische Oberton der Pfeife etwas tiefer liegt, als der entsprechende Ton unseres practisch gebräuchlichen Systems, das Zeichen + bedeutet eine etwas höhere Lage. Aus dem Grundtone schlägt also eine gedeckte Pfeife sogleich in die Quinte der Octave und sodann in die Terz der Doppeloctave über. Die gedeckten Orgelpfeifen werden in den harmonischen Obertönen nicht gebraucht, es erklingt bei ihnen wie bei allen Orgelpfeifen nur der Grundton. Die Clarinette aber bietet ein Beispiel der nach Art gedeckter Pfeifen schwingenden Luftsäule. Sie springt vom Grundtone in die Quinte der Octave über, mit diesem letzteren Tone schließt sich daher die Reihe der für die Scale erforderlichen Fingersätze ab und beginnt von Vorn.

In einer beiderseits offenen Röhre können stehende Schwingungen nur in der Art dauernd bestehen, daß ruhende Knotenflächen im Innern der Röhre sich bilden; an den offenen Enden könnten diese nicht von Bestand sein. Wenn man an einer einerseits geschlossenen Röhre, in welcher bereits ein stehender Schwingungszustand eingetreten ist, an der Stelle eines Schwingungsbauches, etwa an der dem geschlossenen Ende zunächst liegenden, eine Oeffnung anbringt, so ändert man nichts Wesentliches an den Schwingungen und dem Tone; die Luft behauptet ohnehin an dieser Stelle die nämliche Dichte, wie die umgebende Atmosphäre. Man kann darum auch das Stück von einem Schwingungsbauche bis zum geschlossenen Ende der Röhre ganz wegfallen lassen, ohne daß der Schwingungszustand in dem übrig bleibenden Theile sich darum zu ändern braucht. Allein hieraus schon kann man schließen, daß die stehenden Schwingungen in einer beiderseits offenen Röhre stets aus einer geraden Anzahl

von Viertelwellen, oder aus einer ganzen Anzahl von Halbwellen bestehen. Ebenso verhält es sich mit den Längenschwingungen in einem Stabe aus Holz, Glas oder Metall, welcher an beiden Enden sich frei bewegt. Die folgende Figur versinnlicht die Schwingungszustände in den drei einfachsten Fällen, wenn in der Röhre 1, 2 oder 3 Knotenflächen sich gebildet haben. Für jeden Fall sind die Schwingungszustände in zwei um den Zeitraum einer halben Schwingung von einander abstehenden Momenten dargestellt.

Fig. 47.



Hat man eine offene Pfeife aus Glas zum Ansprechen gebracht und senkt eine feine Membran, welche mit dem Tone der Pfeife gleichgestimmt, über ein Rähmchen gespannt und mit Sand bestreut ist, in dieselbe, so sieht man die Membran an den Schwingungsbäuchen in lebhafte Bewegung gerathen, während sie an den Knotenflächen nur wenig oder nicht erzittert. Legt man eine vierseitige Pfeife, welche nur aus dünnen fichtenen Brettern zusammengesetzt ist, wagerecht, bestreut die obere Seitenfläche mit Sand und bringt dann einen höheren harmonischen Ton zum Ansprechen, so wird der Sand an den Stellen weggeschleudert, an welchen im Innern der Pfeife die Knotenflächen liegen. Die Verdichtungen und Verdünungen der Luft, welche an diesen Stellen eintreten, heben und senken die Seitenwand, die Bewegung der Luft in den Schwingungsbäuchen geht der Längenrichtung der Röhre parallel und kann mithin eine Erschütterung der Wand nicht hervorbringen.

Wenn man Röhren von Pappe so einrichtet, daß sie sich übereinander herschieben, wie die Auszüge eines Fernrohrs, und die Resonanz einer Stimmgabel von dem Tone c_1 an der beiderseits offenen Röhre untersucht, so findet man die entschiedenste Tonverstärkung, wenn die Röhre 24, 48, 72 . . Pariser Zoll lang ist. Bei 12, 36,

60 . . Zoll Länge ist die Luftsäule stumm, wie überhaupt, wenn ihre Länge einer ungeraden Anzahl von Viertelwellen des betreffenden Tones gleich kommt.

Da eine beiderseits offene Röhre beim Tönen jede beliebige ganze Anzahl von Halbwellen enthalten kann, so müssen vom Grundton aus die Schwingungsmengen der harmonischen Obertöne wachsen, wie die Reihe der ganzen Zahlen. Gesetzt der Grundton wäre C, so bestimmen sich die höheren oder Aliquottöne, wie folgt :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C	c	g	c_1	e_1	g_1	b_{1-}	c_2	d_2	e_2	f_{2+}	g_2	a_{2-}	b_{2-}	h_2	c_3

In der Flöte, der Oboe und dem Fagott schwingt die Luft, wie in einer beiderseits offenen Röhre. Bei jedem Griff kann man außer dem tiefsten Tone die Octave, die Quinte der Octave und die Doppeloctave durch gehöriges Blasen hervorbringen. Bei der Octave des Grundtones schließt daher die Reihe der verschiedenen Fingersätze bei jenen Instrumenten, um in derselben Art von Vorn zu beginnen.

Je enger ein Rohr im Verhältniß zu seiner Länge ist, um so schwieriger ist es, die Luftsäule in ihrer ganzen Länge schwingen zu machen, desto leichter sprechen dagegen die harmonischen Obertöne an. Die Bohrungen der Flöte, der Oboe und des Fagott's sind weit genug, um den Grundton noch der Benutzung zugänglich zu machen, das Horn und die Trompete dagegen werden nur vom ersten oder zweiten Aliquotton an gebraucht. Man bediente sich auf diesen Instrumenten früher ausschließlich der sogenannten Naturtöne, d. h. derjenigen, welche in die harmonische Oberreihe fallen, indem man zugleich die Stimmung der aus unserem Tonsysteme etwas abweichenden Töne durch besondere Mittel verbesserte. Bei den neueren Instrumenten dieser Art aber sind die Lücken der chromatischen Tonleiter durch Ventile oder Klappen ausgefüllt. Auf der Posaune werden auch jetzt noch allein die Naturtöne geblasen, bei der Baßposaune vom ersten, bei der Tenorposaune vom zweiten, bei der Altposaune vom dritten, bei der übrigens wenig gebräuchlichen Discantposaune erst vom vierten Obertone an. Die Lücken der Tonleiter werden durch Verlängerung des Rohrs mittelst des Auszuges ausgefüllt; je höher die Lage des Instrumentes, von je höherer Ordnung

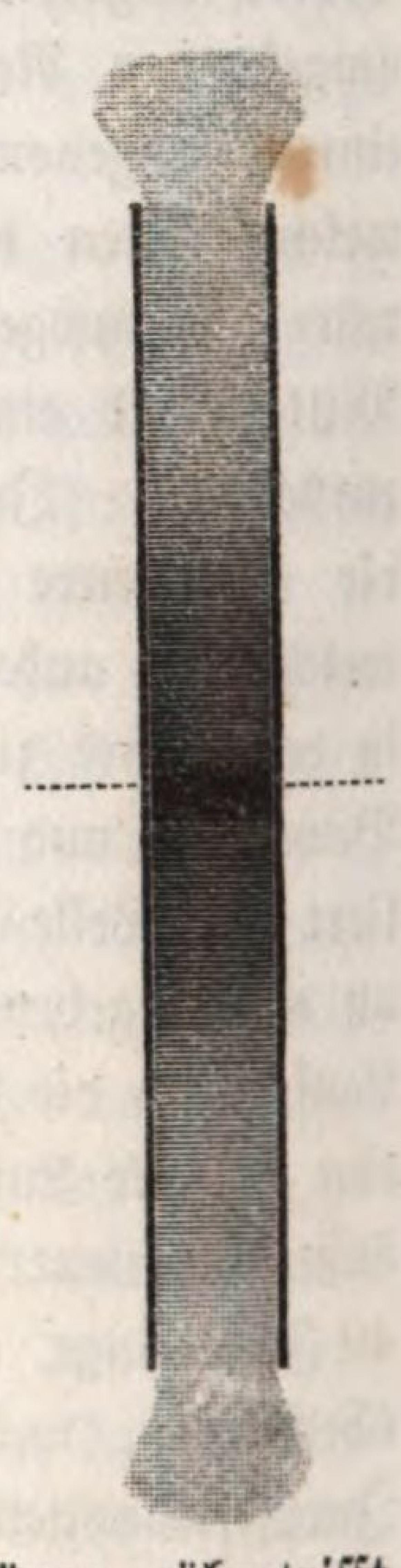
der Oberton ist, von welchem aus man die Scale beginnt, desto weniger bleibt in dieser Beziehung zu thun übrig, da die Obertöne in größerer Höhe ohnehin immer enger zusammenrücken.

Die stehenden Schwingungen in einer beiderseits offenen Röhre werden in ganz derselben Weise hervorgerufen, wie in einer gedeckten. Man kann die Luftsäule durch Anblasen in Schwingungen versetzen, aber auch eine schwingende Platte oder eine Stimmgabel, welche abwechselnd Verdichtungs- und Verdünnungswellen in die Röhre senden, kann dazu dienen. Die Wellen, am anderen offenen Ende der Röhre angelangt, müssen von dort unter irgend einer Form wieder zurückkehren, da ohne die Durchkreuzung in entgegengesetztem Sinne gehender Wellenzüge stehende Schwingungen nimmermehr sich bilden können. Die Zurückwerfung der Wellen kann aber an dem offenen Ende nicht derselben Art sein, wie an einem starren Boden. Die Verdichtungswellen, an der Mündung angelangt, breiten sich in den umgebenden Raum aus und, indem die Lufttheilchen vermöge der einmal angenommenen Bewegung noch über die Gleichgewichtslage, welche ihnen bei gleicher Dichte mit der Atmosphäre angewiesen wäre, hinausgehen, wird die Mündung in diesem Zeitpunkte zum Mittelpunkt einer Verdünnungswelle, welche von da in der Röhre zurückläuft. In ähnlicher Weise kehren Verdünnungswellen, indem die umgebende Luft nach der Mündung der Röhre hinstürzt, an welcher sie ankommen, in Verdichtungswellen um und laufen als solche in der Röhre zurück. Am anderen Ende angelangt, wandeln sich die Bewegung und der Verdichtungszustand abermals um; indessen verliert die Welle bei jeder Umkehr einen bedeutenden Theil ihrer Kraft an die umgebende Luft, welche den Schall weiterträgt, und bei ihrem Lauf durch die Röhre wird sie durch Widerstände geschwächt, so daß eine kürzere Luftsäule fast augenblicklich zu tönen aufhört, wenn die äußere wellenerregende Ursache wegfällt. Die imposante Pfeife von 40 Fuß Länge, aus Holzdauben zusammengesetzt und mit Zinnplatten überkleidet, welche Walcker in Ludwigsburg im Herbst 1854 der Industrieausstellung in München zugesandt hatte, und welche den Ton C_{-2} in vorher noch nicht gehörter Fülle giebt, tönte noch etwa anderthalb Secunden fort, nachdem der Luftzufluß unterbrochen war. Gesetzt, daß die Kraft der Schwingungen auf $\frac{1}{100}$ der an-

fänglichen Stärke gesunken sein mußte, damit der Ton unhörbar wurde, so konnte bei der Zurückwerfung noch nicht $\frac{1}{10}$ der Bewegung an die Umgebung übertragen worden sein. Damit eine Pfeife zu tönen beginne, muß die Welle wenigstens einmal den Weg zum anderen Ende der Röhre und zurück durchlaufen haben, aber dieß geschieht selbst bei den längsten Orgelpfeifen, bei welchen dieser Weg 32 Pariser Fuß beträgt, in $\frac{1}{33}$ einer Secunde, also in einer für die Wahrnehmung verschwindenden Zeit. Doch wird es keinem Musiker einfallen, jene tiefen Töne in so schnellen Gängen verwenden zu wollen, daß etwa 16 Töne in der Secunde gespielt werden müssen.

Der Vorgang, welchen wir beschrieben haben, die Zurückwerfung der Welle am offenen Ende und die Umkehrung in die entgegengesetzte Form, vollendet sich nicht unmittelbar an der Mündung; es wird vielmehr ein Theil der außerhalb der Mündung gelegenen Luft mit in die stehende Schwingungsbewegung der Luftsäule hereingezogen. Daher muß eine Pfeife für den Ton C, dessen Wellenlänge 16 Fuß beträgt, wenn sie beiderseits offen ist, also bei ihrem Grundtone eine halbe Welle enthält, etwas kürzer als 8 Fuß, wenn sie einerseits gedeckt ist, also bei ihrem Grundtone eine Viertelwelle enthält, etwas kürzer als 4 Fuß sein.

Fig. 48.



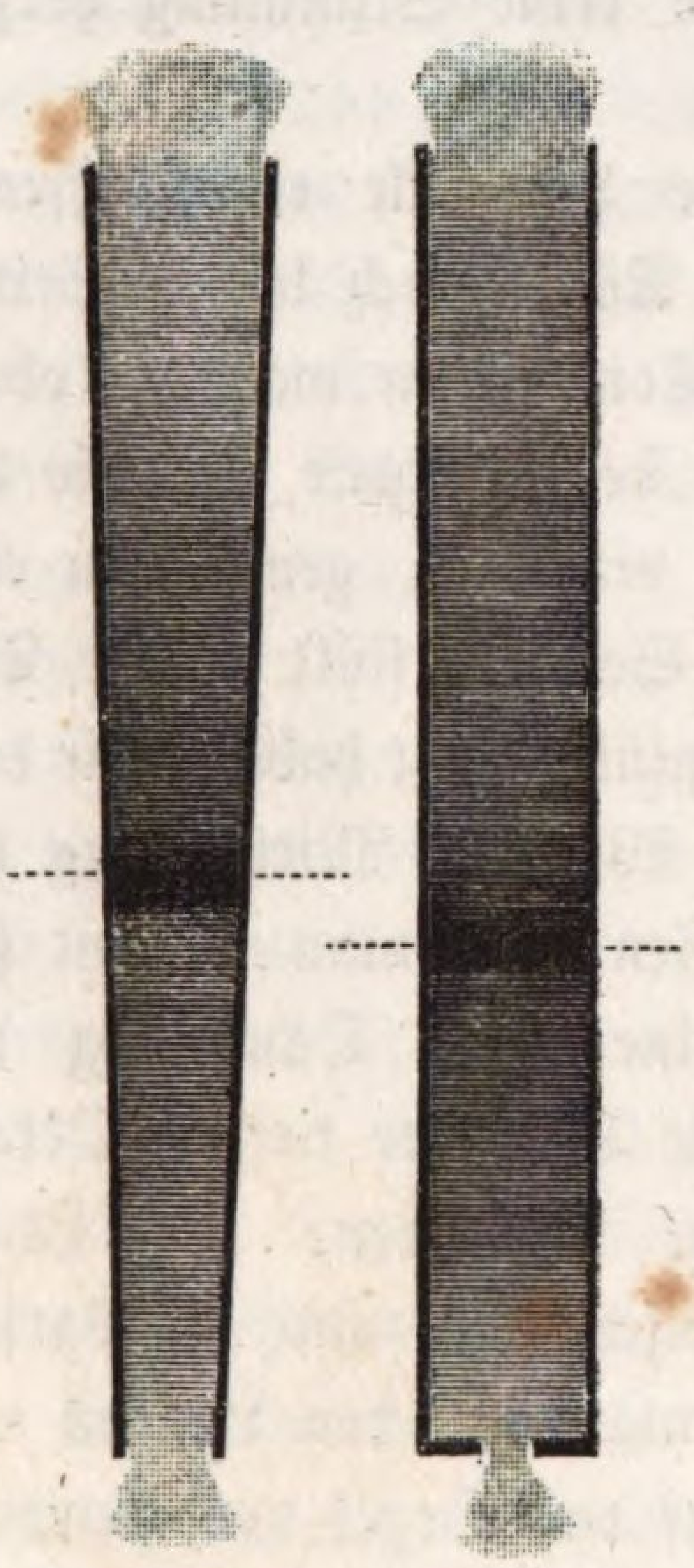
Daß bei dem Ein- und Austreten der Grenzschichten, während Verdichtung mit Verdünnung in der Röhre wechselt, auch die umliegende Luft auf eine gewisse Entfernung hin sich betheiligt, in der Weise etwa, wie es in der beistehenden Figur angedeutet wurde, ist natürlich.

Man hat aber nur für die einfachsten Fälle, wenn an den offenen Enden keinerlei Verengung der Mündung stattfindet, auszumitteln gewußt, um wie viel die Halbwelle des Tones die beiderseits offene Röhre, oder die Viertelwelle des Tones die einerseits gedeckte Röhre an Länge übertrifft. Bei cylindrischen Röhren beträgt der Unterschied im ersten Falle etwa $\frac{2}{3}$, im letzteren, bei Anwendung einer Holzdecke, etwa $\frac{2}{3}$

des Durchmessers der Röhre. Aus der eigenthümlichen Betheiligung der an die offenen Röhrenenden grenzenden Luft an der Schwingungsbewegung erklärt sich auch, warum die Schalltrichter, welche an Trompeten, Hörnern, Posaunen, sowie an der Clarinette und der Oboe angebracht sind, so gut wie keinen Einfluß auf die Tonhöhe haben; wenigstens dann, wenn sie weit genug ausgebogen sind. Der Ton dieser Instrumente wird nicht höher, wenn man die Schallbecher wegnimmt.

Bringt man in das Bereich, auf welches sich die Luftschwingungen noch außerhalb der Röhren verbreiten, oder über die Mündung selbst, einen fremden Körper, welcher der Bewegung der Luft ein Hinderniß bereitet, so fällt die Einwirkung auf den Ton sogleich ins Gehör. Er wird tiefer, und in einer beiderseits offenen Röhre rückt die Knotenfläche dem theilweise gedeckten Ende näher. Sie fällt zwar an dieses Ende selbst, wenn es vollständig gedeckt ist, und der Ton ist dann beinahe eine Octave tiefer geworden, indessen ist doch der Uebergang von den offenen Pfeifen zu den gedeckten kein stetiger. Der Ton einer offenen Pfeife wird, wenn man das eine Ende mehr und mehr deckt, nicht blos tiefer, sondern auch schwächer und endlich unhörbar, noch ehe die Mündung ganz geschlossen ist. Er tritt aber kräftiger in der tieferen Octave wieder auf, sobald die Deckung vollständig geworden ist. Eine ähnliche Wirkung wie durch theilweise Deckung bringt jede Abweichung von der cylindrischen oder prismatischen Form hervor. Kegelförmige Pfeifen, mögen sie nach Oben sich verengern oder erweitern, tönen tiefer, als gleich lange cylindrische. Leider sind die quantitativen Verhältnisse in allen diesen Beziehungen noch viel zu wenig erforscht, um eine

Fig. 49.



Anwendung auf den Bau musikalischer Instrumente möglich zu machen.

Kleine Aenderungen in der Tonhöhe kann man, ohne zu merklich an der Klangfülle zu verlieren, durch theilweises Decken hervorbringen. Die Bärte an den Mundöffnungen der zinnernen Orgelpfeifen, die Bleiplatten und Stimmringe am oberen Ende der hölzernen Pfeifen haben keinen anderen Zweck, als durch das Mittel der theilweisen Deckung die reine Stimmung herstellen zu können. Der Ton wird tiefer, wenn die Bärte oder Platten nach der Oeffnung hin gebogen werden, oder wenn die Stimmringe mehr übergreifen. — Manche Töne des Horns werden durch Einsenken der Hand in den Schallbecher tiefer gestimmt. Der Naturton z. B., welcher in der dritten Octave als Quarte dienen muß, steht mit seinem Grundton im Verhältniß von 8 : 11, während das reine Quartenintervall nur 8 : 10,67 erfordert. Durch Stopfen mit der Hand weiß der Hornist unter Führung seines Gehörs die reine Stimmung herzustellen.

Der Umstand, daß die schwingende Luftsäule einer offenen Pfeife sich freiwillig über die Grenzen der Röhre nach beiden Seiten hin verlängert, hat zur Folge, daß der Ton, wenn man die obere Mündung schließt, nicht, wie es die oben vorgetragene Theorie der stehenden Schwingungsbewegung der Luft verlangt, genau um eine Octave, sondern nur etwa um eine große Septime sinkt. Der Ton gedeckter Pfeifen kann die Frische und Klangfülle nicht haben, wie derjenige offener Pfeifen, weil eben der eine Weg der Mittheilung des Klanges an die umgebende Luft verschlossen ist; man bedient sich darum der gedeckten Pfeifen nur, wo eine solche Dämpfung des Tones in der Absicht liegt, und um für die Töne der tiefsten Octave C_{-2} bis C_{-1} die kolossalen Dimensionen zu vermeiden. Die Länge offener Pfeifen müßte für diese Töne zwischen 32 und 16 Pariser Fuß liegen, bei gedeckten Pfeifen reicht man mit den Längen von 16 bis 8 Fuß aus. Der höchste, noch auf der Orgel vorkommende Ton c_5 von 4186 Schwingungen hat eine Wellenlänge von 3 Pariser Zoll, die offene Pfeife, welche diesen Ton ausgiebt, ist daher nicht länger als 18 Pariser Linien.

Alle Blasinstrumente sind so gebaut, daß die Länge der schwingenden Luftsäule ihren Querdurchmesser mehr als 12mal übertrifft, und die Erfahrung hat gelehrt, daß innerhalb dieser Grenzen die Tonhöhe allein nach der Länge des Rohres beurtheilt werden kann; die Schwingungszahlen verhalten sich umgekehrt wie die Längen. Weitere Pfeifen, mögen sie Würfel- oder Kugelform haben, mögen es nach Oben oder nach Unten sich erweiternde Pyramiden oder Kegel sein, geben tiefere Töne, als Pfeifen der gewöhnlichen Art von gleicher Länge. Beträgt die Länge nur das 8fache der Breite, so ist der Ton schon um eine große Terz, bei dem 4fachen um eine Quinte tiefer, als man aus engeren Pfeifen nach dem Längenverhältniß berechnet. Ein Würfel von 4,5 Zoll Seite giebt den nämlichen Ton, wie eine gewöhnliche Pfeife von 10,5 Zoll Länge; der Unterschied beträgt also hierbei schon mehr als eine Octave.

Die verschiedenen Stimmen der Orgel sind aus zwei verschiedenen Arten von Pfeifen, den Flötenpfeifen und den verwickelter gebauten Zungenpfeifen gebildet. Bei den ersteren wird der Ton in ganz ähnlicher Weise zum Ansprechen gebracht, wie bei den kleinen Pfeifen, welche sich die Kinder aus Weidenrinde bereiten. Ein bandförmiger Luftstrom strömt aus einer Spalte gegen eine gegenüberliegende Schneide. Der Zwischenraum zwischen der Spalte und Schneide ist zugleich die untere Mündung des Pfeifenrohrs. Die Pfeifen der Syrinx und die Querflöte werden in der nämlichen Weise angeblasen, indem ein Luftstrom quer über die Mündung gegen den gegenüberliegenden Rand derselben getrieben wird und es bringt also ein dem Anscheine nach ganz gleichmäßig und stetig verlaufender Strom in diesen Fällen eine Schwingungsbewegung der Luft in den Pfeifen hervor. Savart hat durch genauere Untersuchung des Strahls, in welchem tropfbare Flüssigkeiten sowohl als Luft aus engen Oeffnungen ausströmen, einiges Licht über diese Erscheinung verbreitet.

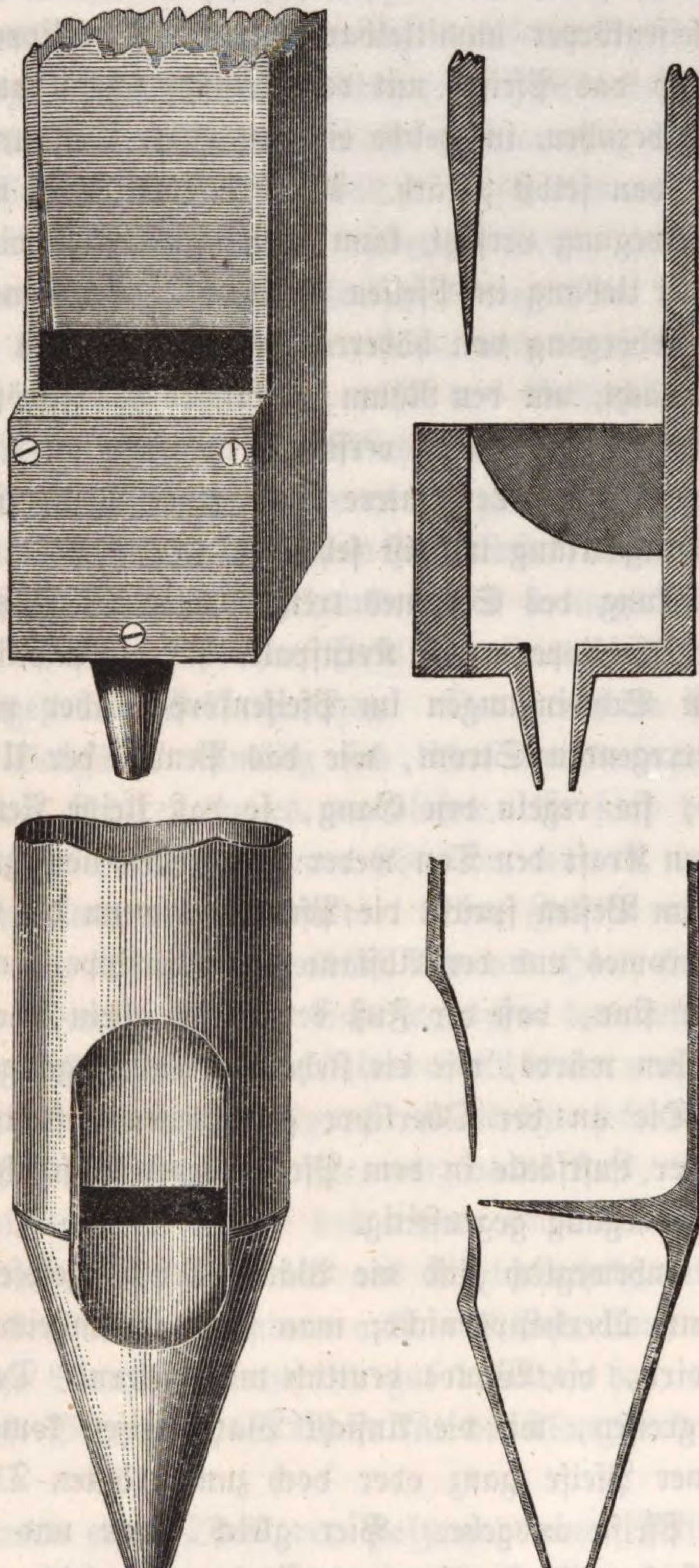
Ein Strahl, welcher aus einem mit Wasser gefüllten Gefäße durch eine enge Oeffnung senkrecht abwärts geht, ist zunächst der Oeffnung durchsichtig und glänzend, in einigem Abstand von derselben wird er rauh und undurchsichtig. Bei näherer Betrachtung zeigt es sich, daß er in diesem letzteren Theil nur noch aus einzelnen Tropfen besteht, welche ganz regelmäßig periodische Formänderungen erleiden,

indem ihr größter Durchmesser abwechselnd wagerecht und senkrecht gerichtet ist. Schon die Stöße dieser Tropfen gegen die Luft geben einen Ton, welcher aber weit heller hervortritt, wenn man den Strahl gegen eine ebene Platte treffen läßt. Der Ton ist um so höher, je schneller der Strahl ausfließt und je enger die Oeffnung ist. In dem durchsichtigen Theile des Strahles zunächst der Ausflußöffnung bereitet sich die Tropfenbildung schon vor durch ringförmige Anschwellungen, welche noch deutlicher bemerkbar werden, wenn man in der Nähe des Strahles auf irgend einem musikalischen Instrumente den Ton angiebt, welcher mit den Formänderungen der Tropfen gleiche Zeitperiode hat. Offenbar bereitet sich die ganze Eigenthümlichkeit des Strahles schon innerhalb der Ausflußöffnung durch die Richtung vor, welche die flüssigen Theilchen nehmen. Wenn man den Strahl gegen eine Schneide, gegen den scharfen Rand eines Gefäßes leitet, so geht derselbe in zwei flüssige Mäntel auseinander, welche um die Schneide Erzitterungen oder Schwingungen vollenden, deren Dauer von der Geschwindigkeit des Strahles und von dem Abstand der Schneide von der Ausflußöffnung abhängt. Die Erscheinungen bleiben die nämlichen, wenn man den Wasserstrahl, anstatt in die Luft oder den luftleeren Raum, in eine Flüssigkeit von gleicher Dichte, z. B. in Wasser selbst, sich ergießen läßt. Mit großer Consequenz rückte der französische Physiker dem eigentlichen Ziele seiner Untersuchung näher. Er fand die beschriebenen Erscheinungen im Wesentlichen bei einem Luftstrom wieder, den er aus enger Oeffnung austreten ließ. Mischte sich der Strom, ehe er austrat, mit einem feinen gefärbten Pulver, so wurden die periodischen Anschwellungen sichtbar. Leitete man den Strom gegen eine Schneide, so vollendeten die beiden Büschel, in welche der Strahl sich spaltete, Schwingungen, deren Periode von der Geschwindigkeit des Stromes und von dem Abstand der Schneide von der Ausflußöffnung abhing.

Die folgenden Figuren stellen den unteren Theil von hölzernen und metallenen Flötenpfeifen der Orgel dar. Die Ausdrücke, deren sich die Orgelbauer noch heute bedienen, vergleichen die untere Oeffnung der Pfeife mit dem Munde; die vordere Platte, welche den Windbehälter der Holzpfeife schließt, und das Stück, welches an dem

kegelförmigen Fuß der Metallpfeife etwas nach Innen gebogen ist, heißt die Unterlippe (unteres Labium); sie bildet den vorderen Rand der feinen Licht- oder Kernspalte, aus welcher der Wind austritt und über die untere Pfeifenöffnung, den Aufschnitt, hinströmt.

Fig. 50.



Der hintere Rand der Spalte wird durch den **Kern** gebildet, welcher den Fuß von dem eigentlichen Pfeifenkörper scheidet. Der aus der Kernspalte ausgetretene Strom spaltet sich an der Oberlippe in zwei Büschel, welche in regelmäßigen Schwingungen hin- und wieder gehen und somit an und für sich schon einen Ton geben, auch wenn der Pfeifenkörper unmittelbar über der Oberlippe weggenommen ist. Auch das Pfeifen mit dem Munde scheint auf diesen Erzitterungen zu beruhen, in welche ein aus enger Oeffnung austretender Luftstrom von selbst geräth. Allein dadurch, daß man die Luft in raschere Bewegung versetzt, kann man den Ton in die Höhe treiben; bei einiger Uebung im Pfeifen jedoch wird man bemerken, daß die Zunge beim Uebergang von höheren zu tieferen Tönen entsprechende Bewegungen macht, um den Raum im Munde zu vergrößern, welcher durch seine Resonanz den Ton verstärkt.

Der Ton, welchen der untere Theil einer Pfeife für sich allein giebt, hat wenig Klang und ist sehr veränderlicher Natur; die geringste Verstärkung des Stromes treibt ihn in die Höhe; eine Annäherung der Oberlippe an die Kernspalte hat die nämliche Wirkung. Die stehenden Schwingungen im Pfeifenkörper aber verhalten sich zu dem tonerregenden Strom, wie das Pendel der Uhr zur treibenden Feder, sie regeln den Gang, so daß kleine Aenderungen in der bewegenden Kraft den Ton weder zu erhöhen noch zu erniedrigen vermögen. Am Besten spricht die Pfeife an, wenn die Geschwindigkeit des Luftstromes und der Abstand der Oberlippe von der Spalte so abgemessen sind, daß der Fuß der Pfeife allein schon den nämlichen Ton geben würde, wie die stehenden Schwingungen des Pfeifenkörpers. Die an der Oberlippe gespaltenen Luftbüschel und die Wellenstöße der Luftsäule in dem Pfeifenkörper verstärken dann ihre Schwingungsbewegung gegenseitig.

Absolut unbeweglich sind die Wände der Orgelpfeifen und der Blasinstrumente überhaupt nicht; man fühlt, wenn eine Orgelpfeife angeblasen wird, die Wände deutlich miterzittern. Dennoch ist es schwer zu begreifen, wie die Ansicht Platz greifen konnte, daß die Tonmasse einer Pfeife ganz oder doch zum größten Theil von den Wänden der Pfeife ausgehe. Vier gleich lange und gleich weite Pfeifen von Holz, Glas, Zinn und Pappe mit gleich großem Auf-

schnitt geben trotz dieses so verschiedenen Materiales einerlei Tonhöhe, wenn die Wände dick genug sind, um unter der Einwirkung der Luftschwingungen nicht allzu merkliche Bewegung anzunehmen Wie wäre es möglich, daß die metallenen Orgelpfeifen eine Klangfülle besäßen, welche den weiten Raum einer Kirche auszufüllen vermag, wenn der Ton von der so wenig elastischen Legirung aus Zinn und Blei ausgehen sollte, aus welcher jene Pfeifen bestehen.

Wenn man eine Reihe von Röhren, sämmtlich von 14,25 Zoll Länge, aus Papier so anfertigt, daß die erste eine aus vielen übereinander geleimten Papierlagen bestehende steife, widerstandsfähige Wand, die zweite aber Eine Papierlage weniger, die letzte nur Eine Lage dünnen Papieres als Wand erhält, und wenn man dann eine Stimmgabel von dem Tone a_1, also der Wellenlänge von 28,5 Zollen, der Reihe nach vor sämmtlichen Röhren tönen läßt, so bemerkt man von der steifsten Röhre an bis zur schwächsten eine abnehmende Stärke der Resonanz. Hieraus zu schließen, daß die Pfeifenwand das vorzugsweise Tongebende sei, wäre eben so ungerechtfertigt, als der nämliche Schluß, welchen Pellisov aus seinen mit einem Waldhorn angestellten Versuchen zog. Der genannte Physiker ließ ein Horn in Salzsäure allmälig sich lösen und nahm es von Zeit zu Zeit aus der Säure, um es anzublasen. Er fand den Ton von einem gewissen Zeitpunkt an immer schwächer werden, in dem Grade, als das Horn dünnwandiger wurde. Ohne Zweifel würde er ganz verschwunden sein in dem Augenblick, als das Horn sich vollständig gelöst hatte. Damit kräftige Schwingungen der Luft sich bilden können, muß dieselbe von widerstehenden Wänden umschlossen sein; sind diese schlaff und nachgiebig, so überträgt sich die ganze Bewegung durch die Wände auf die umgebende Luft, die Kraft der Welle ist erloschen, noch ehe sie das andere Ende der Röhre erreicht hat. Daß man Flöten nicht nur aus Buxbaumholz, Ebenholz, Cocosholz oder Krystallglas, sondern auch aus Porcellan, aus Papiermaché und aus Wachs gemacht und gut befunden hat, ist wohl geeignet, über die Bedeutung der Wand für die Klangstärke einer Pfeife aufzuklären.

Ersetzt man einen Theil der Holzwand einer Pfeife durch gespannte Haut, so wird diese durch die Bewegung der Luft in

selbständige Schwingungen versetzt, und wenn die Luftsäule und die Membran zufällig gleiche Schwingungsdauer haben, so wird durch das Einsetzen der membranösen Wand der Eigenton nicht geändert; im entgegengesetzten Falle setzen sich die beiden Schwingungssysteme zu einem einzigen von mittlerer Dauer zusammen. Der gewöhnliche Fall ist, daß der Ton der Pfeife dadurch tiefer wird, um so mehr, je schlaffer die eingezogene Membran ist. Man kann den Ton selbst um zwei Octaven herabstimmen, wenn man die Haut durch Wasserdämpfe künstlich erschlafft, aber je tiefer der Ton wird, desto matter und klangloser wird er auch, bis er endlich ganz erstirbt. Wenn man die Membran durch Berühren mit dem Finger nöthigt, in kürzeren Abtheilungen zu schwingen, so wird alsbald der Ton höher, und die nämliche Wahrnehmung kann man leicht an gewöhnlichen Orgelpfeifen machen, deren Wände dünn genug sind, um noch in merkliche Schwingungen zu gerathen. Sobald man sie fest mit der Hand anfaßt, geht der Ton in die Höhe.

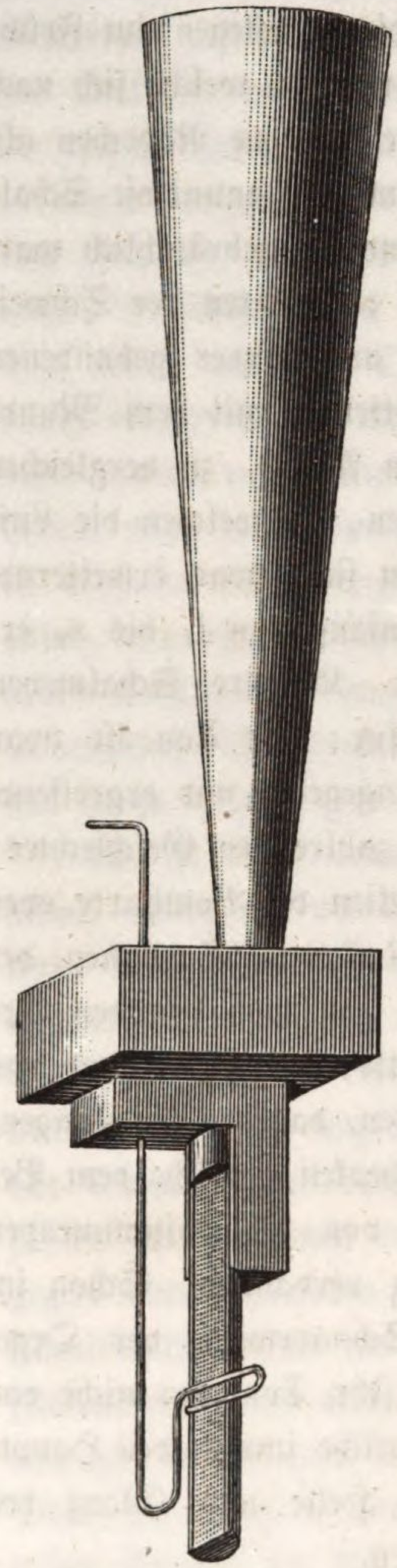
Es ist nicht einmal anzunehmen, daß die abweichende Klangfarbe, welche den verschiedenen Blasinstrumenten bei gleicher Tonhöhe eigen ist, zumeist auf der Betheiligung der Wand an den Schwingungen der Luft beruhe. Die ungleiche Wellenform, durch welche die Verschiedenheit der Klangfarbe bedingt ist, findet ihre Erklärung vielmehr in der ungleichen Form der schwingenden Luftmasse und vor Allem in der verschiedenen Art des Anblasens. Breitere Luftsäulen scheinen einen runderen, weicheren Ton, engere Röhren dagegen einen schärferen, helleren Ton zu bedingen. Eine entschiedene Familienähnlichkeit des Klanges aber besteht zwischen der Flöte, den Flötenpfeifen und allen auf gleiche Weise angeblasenen Instrumenten; eine zweite Gruppe bilden die sogenannten Rohrinstrumente, das Oboe, das Fagott, und etwas verschieden davon die Clarinette; eine dritte Gruppe die Hörner, Trompeten und Posaunen. Die Instrumente jeder dieser Gruppen werden auf ähnliche Weise angeblasen. Mannichfaltig verschiedenen Klang je nach ihrer Form besitzen die Zungenpfeifen oder Rohrwerke der Orgel; ihren Bau wollen wir zunächst etwas näher ins Auge fassen.

Ein kurzes Röhrchen aus grüner Weidenrinde, aus welchem man zur Zeit des Saftes das Holz gelöst und herausgezogen, giebt, wenn

man es plattgedrückt zwischen die Lippen nimmt und anbläst, einen schreienden oder schnarrenden Ton. Die Hirten pflegen im Frühjahre aus langen Rindenstreifen Röhren zu winden, welche sich nach Unten erweitern, um am engen Theil das beschriebene Röhrchen als Mundstück anzubringen. Von diesem Instrumente stammt die Schalmey, welche bis zu Ende des 17. Jahrhunderts gebräuchlich war, jetzt nur noch bei den Schäfern Tyrols oder den Hirten der Schweiz anzutreffen ist. Das Mundstück, aus zwei aufeinander gebundenen Rohrblättchen bestehend, wurde nicht unmittelbar mit dem Munde gefaßt, sondern stack in einem becherförmigen Ansatz, zu vergleichen dem Mundstück der Posaunen und Trompeten, in welchen die Luft eingeblasen wurde. Die Röhre, nach Unten sich etwas erweiternd, hatte 6 Tonlöcher und eine Klappe; der Umfang von f_1 bis a_2 erforderte eine Länge von etwa zwei Fußen. Kleinere Schalmeyen hatten nur etwa zwei Drittel dieser Mensur; der Ton ist zwar schreiend, aber nicht rauh, im Freien selbst angenehm und ergreifend. Die Schalmey ist der Stammvater eines zahlreichen Geschlechtes; wir wollen indessen die Genealogie der Familien der Bomharte oder Pommer, der Krombhörner, der Fagotte, Racketten, Sordunen, der Bassanelli und Schryari, aus welchen die jetzt noch lebenden Orchesterinstrumente, das Fagott, die Clarinette, die Oboe und das Bassethorn abstammen, zunächst nicht aufstellen, dagegen den Zungenwerken der Orgel unsere Aufmerksamkeit schenken, welche dem Bestreben, den Ton der Schalmey und der von ihr abstammenden Tonwerkzeuge nachzuahmen, ihre Entstehung verdanken. Schon im 15. Jahrhundert sind diese Rohr- oder Schnarrwerke der Orgel durch deutsche Künstler zugefügt worden. Ihr Ton hat nicht das Zarte und die Rundung der Flötenpfeifen, welche immer den Hauptbestand der Orgelmusik ausmachen; aber Helle und Glanz des Tones müssen sie der Orgel erst hinzubringen.

Die folgende Figur zeigt die Theile einer Zungenpfeife der Orgel, wie sie jetzt noch in häufigem Gebrauche sind. In den Kopf ist eine halbcylindrische Rinne von Messing befestigt, deren vordere Ränder mit Leder besetzt sind, damit ein schmaler, elastischer Streifen von Messing, die Zunge, welcher beim Tönen der Pfeife den Zugang zur Rinne abwechselnd schließen und öffnen soll, aufschlage,

Fig. 51.



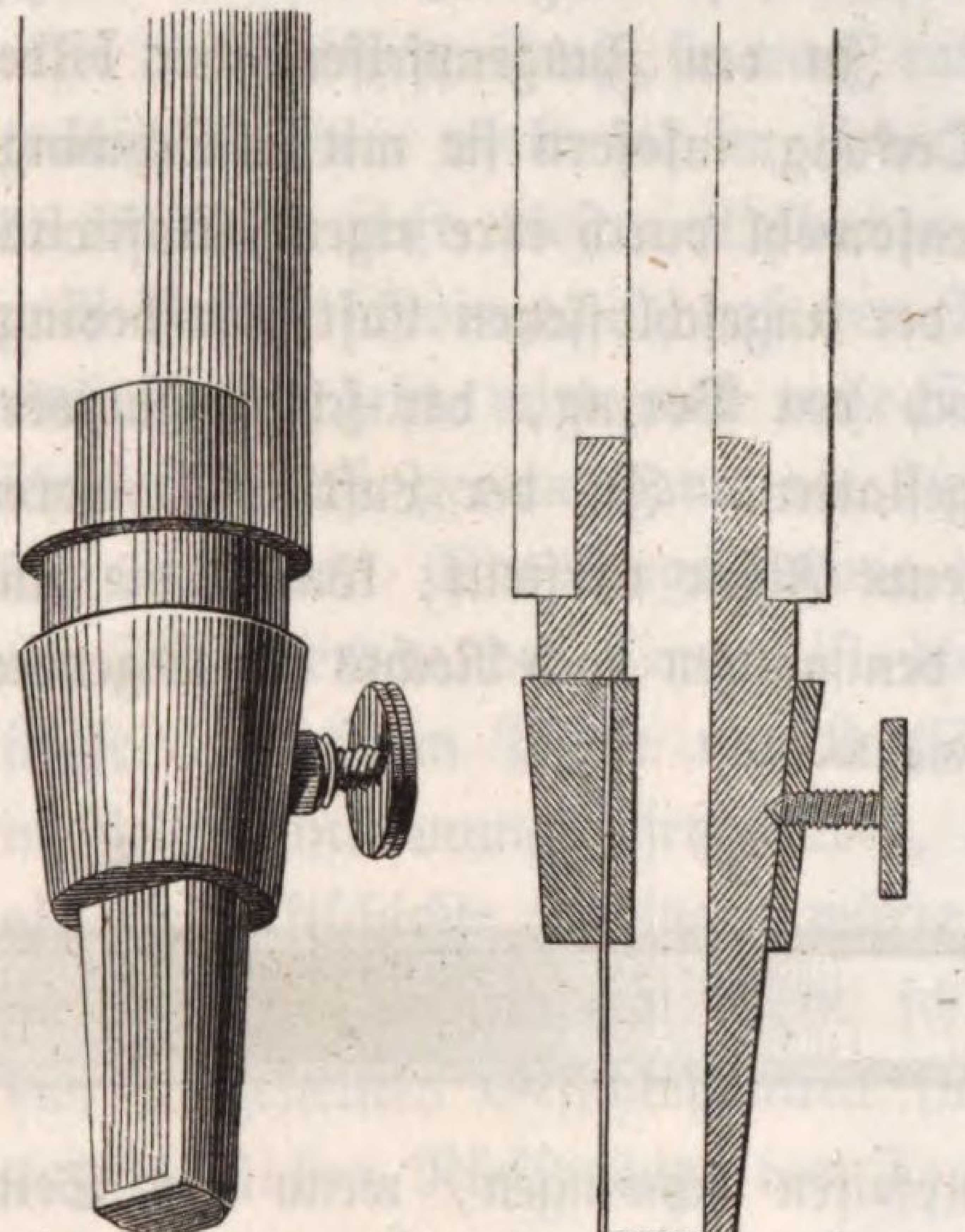
ohne zu prasseln. Durch ein in den Kopf von Unten nach Oben eingetriebenes Keilchen ist die Zunge befestigt; die Länge aber, in welcher sie schwingen soll, wird durch einen Draht, die sogenannte **Krücke**, abgemessen. Sie ist durch den Kopf eingesteckt und mehrfach so hin- und her gebogen, daß sie mit federnder Kraft gegen die Zunge sich anlegt. Das Ganze ist mit einem luftdichten Behälter umgeben, welcher unten in einen kegelförmigen Fuß auslaufend, auf die Windlade aufgesetzt wird. In unserer Figur fehlt dieser Theil, damit die inneren Theile des Zungenwerkes sichtbar bleiben. Das beschriebene Instrument giebt zwar, wenn Wind aus der Lade in den Fuß eingetrieben wird, an sich schon einen kräftigen Ton, allein er ist schreiend oder rasselnd, und erst wenn die Zungenpfeife durch einen Aufsatz oder Schallbecher vervollständigt wird, erhält er musikalische Schönheit. Ganz jedoch wird dem Tone dieser Pfeifen **mit aufschlagender Zunge** der Character des Schnarrenden oder Rasselnden durch keine der mannichfaltigen Formen genommen, welche man den Aufsätzen gab, um die Klangfarben zu vervielfältigen.

Weit milder ist der Ton der Zungenpfeifen **mit durchschlagender Zunge**, welche Ende des vorigen Jahrhunderts von **Kratzenstein**, einem Petersburger Orgelbauer, eingeführt wurden. Der genannte Künstler hat diese Veredlung der Zungenwerke einem

chinesischen Blasinstrumente, dem Cheng, entnommen, welches 13 Pfeifen von verschiedener Länge mit durchschlagender Zunge auf einer gemeinsamen Lade enthält, in welche der Wind mit dem Mund eingeblasen wird. Die ausgezeichnete wissenschaftliche Untersuchung, welche W. Weber über die Zungenpfeifen der letzteren Art anstellte, steht in Hinsicht der Bestimmtheit und Genauigkeit der Resultate, zu welchen er gelangte, einzig im Bereiche der Kenntniß musikalischer Instrumente da.

Die folgende Figur stellt eine Pfeife mit durchschlagender Zunge in der einfachen und soliden Form dar, in welcher Weber sie bei seinen Untersuchungen anwendete.

Fig. 52.

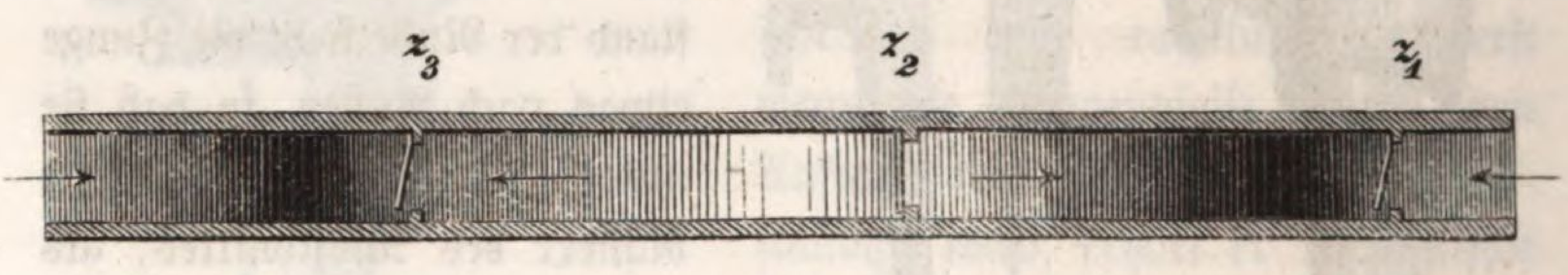


Das eigentliche Mundstück ist von Messing, und die Zunge, entweder aus mehrmals gewalztem Messingblech, aus Eisen oder Neusilber, wird gegen den entsprechenden Ausschnitt durch einen konischen Ring angepreßt, welcher durch eine Schraube fest angezogen werden kann. Im Zustand der Ruhe steht die Zunge etwas nach Außen, so daß sie unten klafft. Sowohl die Ränder des Ausschnittes, als die der Platte sind auf das Sorgfältigste abgeschliffen, so daß die Zunge beim Schwingen zeitweise den Ausschnitt gerade schließt, ohne irgendwo am Rande anzustreifen. Das Ganze wird von einem winddicht schließenden Gehäuse umgeben, dessen kegelförmig sich verjüngender Fuß auf die Windlade aufgesetzt wird. In der obigen Figur ist das Gehäuse nicht abgebildet, damit die inneren Theile sichtbar bleiben. Die hölzernen Ansatzröhren, entweder cylindrisch oder von vierseitiger Gestalt, bedürfen Wände von mehren Linien Dicke, wenn das Mitschwingen der Wand den Ton nicht merklich ändern soll.

Der Leser, welcher den Gesetzmäßigkeiten bei der Bildung stehender Luftschwingungen einige Aufmerksamkeit geschenkt hat, wird den wesentlichen Unterschied zwischen gedeckten und offenen Pfeifen darin gefunden haben, daß bei den ersteren am gedeckten Ende nothwendig eine Knotenfläche sich befinden muß, da ein absolut starrer Widerstand hier die Oscillationen der Lufttheilchen unmöglich macht; während bei den letzteren den aus- und einwärts gerichteten Schwingungen Spielraum gegeben ist, und die Dichte der Luft an beiden offenen Enden sich mit derjenigen der umgebenden Atmosphäre fortwährend im Gleichgewicht erhält.

Bewegungszustände, welche zwischen den beiden angegebenen Uebergänge bildeten, sind nicht denkbar, so lange die Luft der einzig elastisch schwingende Körper ist In den Zungenpfeifen aber bildet die Zunge eine unvollkommene Deckung, insofern sie mit in Schwingungen geräth, deren Dauer ebensowohl durch ihre eigene Elasticität und Masse, wie durch diejenige der angeschlossenen Luftsäule bedingt wird. Sie vereinigt damit noch den Vorzug, der schwingungserregenden Ursache Zutritt zu gestatten. In der Luftsäule, deren stehende Schwingungen die folgende Figur darstellt, können die eingefügten Platten einzeln sammt den ganzen nach Rechts hin liegenden

Fig. 53.

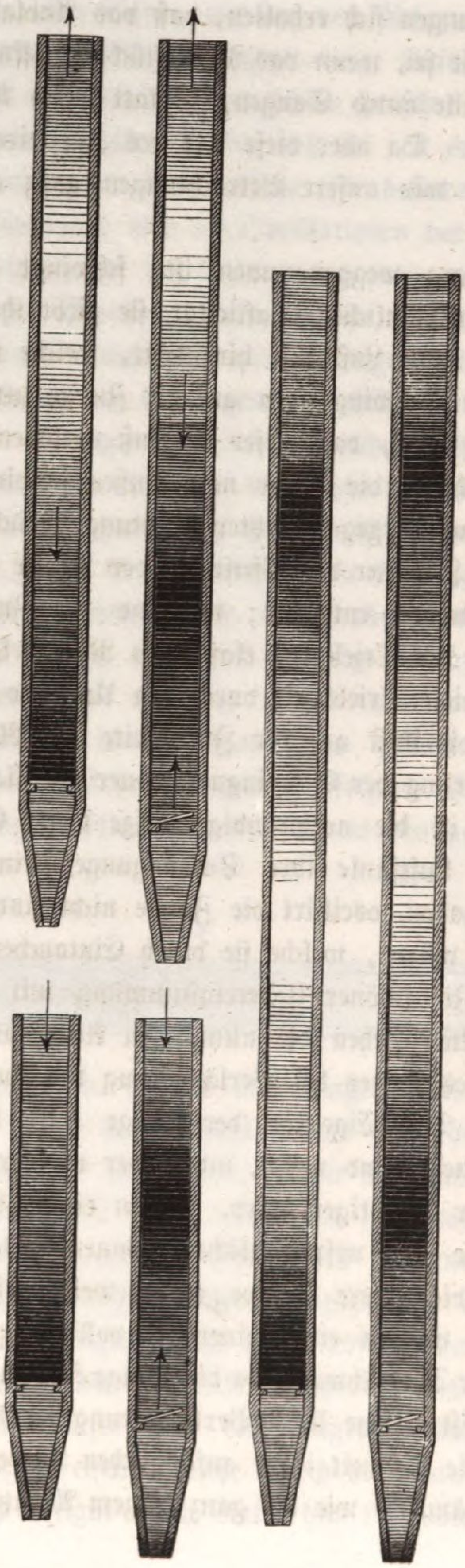


Abschnitten vereint als Zungenpfeifen schwingen, wenn von Seite der Platte her verdichtete Luft zugeführt wird. Jedesmal, wenn das Mundstück sich öffnet, ist die im Innern der Pfeife befindliche Luft zunächst der Platte verdichtet, jedesmal, wenn es sich schließt, ist die Luft an derselben Stelle im Zustand größter Verdünnung. Ein entgegengesetzter Schwingungszustand würde durch die im Anblaserohr verdichtete Luft selbst zerstört werden. Unter allen Umständen ist daher die Luftsäule, welche mit der Platte im Einklang schwingt, etwas kürzer, als eine ungerade Anzahl von Viertelwellen. Die Zungenpfeifen, welche durch die Platten in Verbindung mit den in obiger Figur nach Links hin liegenden Abschnitten gebildet werden,

verlangen, damit die Schwingungen sich erhalten, daß das Anblaserohr mit verdünnter Luft gefüllt sei, wenn das Mundstück sich öffnet. Der Ton müßte in diesem Falle durch Saugen, anstatt durch Anblasen, hervorgerufen werden. Da aber diese Art des Intonirens ungebräuchlich ist, beschränken wir unsere Betrachtungen ganz auf den ersten Fall.

Wenn das Ansatzrohr ganz weggenommen ist, schwingt die Zunge nur vermöge ihrer eigenthümlichen Elasticität, sie giebt ihren Eigenton. Sobald aber eine kurze Luftsäule hinzutritt, welche mit erschüttert wird, wirken deren Schwingungen auf die Zunge zurück und eine einfache Ueberlegung zeigt, daß dieser Einfluß nothwendig den Ton herabstimmt. Während die Zunge nach Außen schwingt, also die elastische Kraft sie nach entgegengesetzter Richtung zurückzutreiben strebt, wirkt die im Inneren der Pfeife an der Platte sich verdichtende Luft diesem Bestreben entgegen; während die Zunge nach Innen schwingt, so daß der Trieb der elastischen Rückwirkung nach Außen geht, wird auch diese Triebkraft durch den Umstand geschwächt, daß gerade dann die Luft auf der Innenseite der Platte sich verdünnt. Eine Vergrößerung der Schwingungsdauer der Platte, ein Tieferwerden des Tones ist die nothwendige Folge dieser Einflüsse. Nachdem Platte und Luftsäule ihre Schwingungen einmal in Uebereinstimmung gesetzt haben, oscillirt die Zunge nicht anders, als die Luftschichte schwingen würde, welche sie durch Eintauchen in die Welle verdrängt hat. In schöner Uebereinstimmung mit den hier aufgestellten Gesichtspunkten stehen die allmäligen Aenderungen und plötzlichen Rücksprünge des Tones bei Verlängerung des Ansatzrohres einer Zungenpfeife. Der Eigenton der Zunge sinkt beim Ansatz kurzer Röhrenstücke mehr und mehr, indem der verzögernde Einfluß der Luftsäule immer mächtiger wird. Wenn die Röhrenlänge gleich einer Halbwelle des ursprünglichen Zungentones geworden ist, giebt die Pfeife die tiefere Octave, ein Beweis, daß die Luft in derselben schwingt, wie in einer einerseits vollständig gedeckten Röhre; zugleich ist der Ton schwach, da die Zunge fast ganz in ihren Bewegungen gehemmt ist. Eine kleine Verlängerung der Röhre aber giebt ihr dann die volle Freiheit ihrer anfänglichen Bewegung zurück, der Ton wird der nämliche wie bei ganz kurzem Ansatzrohr,

Fig. 54.



er springt also um eine ganze Octave zurück. Die Luftsäule schwingt beinahe wie in einer offenen Pfeife, da die Röhre wenig mehr als eine Halbwelle enthält. Indem das Ansatzrohr von der Länge Einer auf die von zwei Halbwellen des Anfangstones verlängert wird, sinkt dieser um eine Quarte, ein Beweis, daß nun nicht nur ein Schwingungsknoten in die Nähe der Zunge, sondern ein zweiter ins Innere der Röhre fällt, so daß diese dreiviertel Wellen des tieferen Tones faßt. Eine kleine Verlängerung läßt diesen abermals auf die Höhe des Eigentones der Zunge zurückspringen; ein Zusatz einer dritten Halbwelle erniedrigt ihn nur um eine kleine Terz, und die Röhre enthält dann fünf Viertelwellen und drei Schwingungsknoten. Die beistehende Figur giebt ein Bild der Luftschwingungen in den drei angeführten Fällen kurz vor und kurz nach

dem Zurückspringen des Tones. Es ist leicht zu erkennen, daß in der Folge dieser Uebergänge ein einfaches Gesetz herrscht, da die Verhältnisse der Schwingungszahlen sich in folgender Weise gestalten:

	Länge der Röhre	Verhältniß der Schwingungszahlen
Erster Rücksprung	1	1 : 2
Zweiter "	2 l	3 : 4
Dritter "	3 l	5 : 6

l bezeichnet die Länge einer Halbwelle des Eigentones der Zunge.

Der sonore Klang der Zungenpfeifen rührt weder von den Schwingungen der Zunge, — denn diese von der Pfeife abgetrennt und im Schraubstock eingespannt, erklingt nur leise —, noch von den Schwingungen der Luftsäule, — denn jener kräftige Klang verschwindet nicht, wenn man auch das Ansatzrohr ganz wegnimmt und nur das Mundstück anbläst. Offenbar sind die Stöße der strömenden Luft gegen die ruhende Luftmasse jenseits der Zunge die Quelle dieses starken Tones, und in der That kennt man nicht wenige Instrumente, welche, durch Kraft und Schönheit des Tones gleich ausgezeichnet, nur schwingende Zungen ohne Ansatzröhren enthalten. Die einfache Mundharmonika, die Aeoline oder das Aeolodicon und die Physharmonika sind, wenn auch an musikalischem Umfang und an Vollendung des Baues, doch in akustischer Beziehung nicht wesentlich verschieden. In jedem dieser Instrumente liegen Reihen schwingender Zungen von Stahl oder Messing nebeneinander, jede deckt den Ausschnitt einer besonderen Kammer oder Cancelle, in welche der Wind gesondert einströmt. Die Zungen der Mundharmonika sind nach Accorden abgestimmt, und sie tönen gleichzeitig, indem der Wind durch die vorderen Oeffnungen der Kammern unmittelbar mit dem Mund eingetrieben wird. Die beiden anderen Instrumente enthalten die vollständige Tonleiter durch mehre Octaven, und Claviaturen, mittelst deren der Strom aus dem Windbalg beliebig jeder einzelnen Zunge zugeleitet werden kann. Bekanntlich wird der Blasebalg der Aeoline mit der Hand, derjenige der Physharmonika mit dem Fuß regiert. Das letztere Instrument ist ohne Vergleich vollkommener. Während man bei der Aeoline sich mit einem musikalischen Umfang von drei und einer halben Octave von G bis e_3 begnügen muß, erstreckt sich die Claviatur der

Physharmonika über vier Octaven, ihr Tonumfang aber vermittelst verschiedener Register von C_{-1} bis c_4. Die tiefen Töne der Contraoctave sind durch Beschwerung der Zungen mit Bleigewichten hervorgebracht und durch mannichfache Abänderungen in den Dimensionen der Zungen ist es den Künstlern gelungen, Register von ganz verschiedener Klangfarbe herzustellen. Im Verhältniß zu ihrem äußeren Umfang haben diese Instrumente eine überraschende Klangfülle; allein außer dem Umstand, daß sie weit weniger zu raschen Gängen, als zum getragenen choralmäßigen Vortrag sich eignen, steht ihrer weiteren Verbreitung die große Wandelbarkeit der reinen Stimmung entgegen.

Diesem Nachtheil sind die mit Ansatzröhren versehenen Zungenpfeifen begreiflicher Weise weit weniger unterworfen, wenigstens dann, wenn man den Zungen selbst eine dauerhafte feste Construction giebt und an der Stelle der wandelbaren und schwierig zu handhabenden Krücke, eine so einfache und solide Stimmvorrichtung anwendet, wie dieß neuerdings von Walcker geschehen ist. Die Aufsätze der Zungenwerke in der Orgel haben gewöhnlich eine Länge zwischen ein und drei Achtel Wellenlänge des freien Zungentones, so daß die Pfeife zwischen einem halben Ton und einer Quinte tiefer tönt, als die Zunge allein. Die Künstler haben sich bei der Wahl, welche sie trafen, nicht von wissenschaftlichen Grundsätzen, sondern nur durch den Wohlklang, sowie durch das Streben, mittelst der Zungenpfeifen die Klangfarben gewisser musikalischer Instrumente nachzuahmen, leiten lassen. Die schöne Untersuchung von Weber über die Zungenpfeife hat dagegen zu Resultaten geführt, welche diesem Instrumente einen Vorzug vor allen übrigen Tonwerkzeugen verleihen. Die gleiche Dauer elastischer Schwingungen findet, ähnlich wie der Isochronismus des gewöhnlichen Pendels, nur innerhalb gewisser Grenzen statt, so lange nämlich, als die rückwirkende Kraft in gleichem Maße zunimmt, als die Entfernung des schwingenden Körpers aus seiner Ruhelage. Bei größeren Querschwingungen von Stäben und Platten aber bleibt die elastische Kraft etwas hinter jenem Verhältniß zurück, der Ton wird tiefer, wenn man ihn über eine gewisse Grenze hinaus verstärkt. Eine kräftig angeschlagene Stimmgabel hört man im

Abklingen vernehmbar höher werden, eine Zungenpfeife ohne Ansatzrohr tönt tiefer, wenn sie heftig angeblasen wird. Gerade der entgegengesetzte Effect stellt sich bei den Längenschwingungen der Luft ein; der Ton einer Flötenpfeife, des Waldhorns, kurz jeder schwingenden Luftsäule kann durch stärkeres Blasen in die Höhe getrieben werden. Es ist dieses Höherwerden des Tones beim crescendo eine musikalische Unvollkommenheit der Flötenpfeifen, welche bei der Querflöte von dem Künstler durch vorsichtige Aenderung des Ansatzes am Mundloch einigermaßen gehoben wird. In der Zungenpfeife aber vereinigen sich zwei elementare Tonquellen entgegengesetzter Natur, die querschwingende Zunge und die längenschwingende Luftsäule. Ueberwiegt der Einfluß der ersteren, so wird der Ton bei bedeutender Verstärkung sinken, er wird dagegen in die Höhe gehen, wenn die mechanische Gewalt der Luftsäule vorherrscht. Es läßt sich ein Verhältniß auffinden, bei welchem beide Einflüsse sich gerade die Wage halten, und eine solche Zungenpfeife ist das einzige musikalische Instrument, welches vom schwächsten Hauche bis zum kräftigsten Fortissimo absolut gleiche Tonhöhe einhält. Sie würde in dieser Beziehung zur Bewahrung eines Normaltones geeigneter sein, als die Stimmgabel.

In den folgenden Beispielen compensirter Zungenpfeifen sind die Zungen von gewalztem Messingblech 14 Linien lang und 3 Linien breit. Die Dicke der Zungen und die Länge der Luftsäulen sind gleichfalls in Pariser Linien angegeben.

Zunge		Luftsäule		Zungenpfeife		Viertelwelle des Tones
Dicke	Eigenton	Länge	Eigenton	Schwingung	Ton	
0,1815	212,06	102,61	360,22	203,20	as	185,3
0,1933	225,88	102,57	360,48	215,28	a	175,0
0,2059	240,61	101,95	362,59	228,07	b	165,2
0,2192	256,14	100,72	366,83	241,63	h	155,9
0,2333	272,65	98,64	374,25	256,00	c_1	147,1

Wie man aus einer Vergleichung der dritten und siebenten Spalte entnehmen kann, enthalten die zur Ausgleichung des Zungentones aufgesetzten Röhrenstücke noch nicht Viertelwellen des der Zungenpfeife eigenthümlichen, constanten Tones, sondern bei der ersteren Pfeife etwa $\frac{5}{9}$, bei der letzteren $\frac{6}{9}$ einer Viertelwelle; der

Eigenton der Zunge ist durch diese Luftsäule noch nicht um eine halbe Tonstufe erniedrigt. In den Zungenregistern der Orgel haben die Auffsätze meist eine beträchtlichere Länge.

Man hätte, um die oben angegebenen Töne zu erhalten, auch dickere Zungen wählen und sie durch längere Ansatzröhren compensiren können. Die Willkür, welche in dieser Beziehung noch herrscht, kommt insofern zu Statten, als sie erlaubt Zungenregister herzustellen, welche, einmal rein gestimmt, ihr Intervallenverhältniß bei allen Temperaturen beibehalten. Bei den Flötenpfeifen ist dieß ohnedem der Fall, da die Töne in höherer Temperatur alle in gleichem Verhältniß in die Höhe gehen, als die Schallgeschwindigkeit wächst. In den Zungenpfeifen ist der verstimmende Einfluß, welchen Erwärmung der Luft äußert, doppelter Art, insofern nicht nur die Schwingungen in der Ansatzröhre beschleunigt, sondern auch der verzögernde Einfluß der Luftschwingungen auf die Bewegung der Zunge selbst verringert wird. Auch verhalten sich beide Wirkungen nicht einander proportional, wie es doch sein müßte, wenn die richtigen Tonverhältnisse auch in höherer Temperatur noch fortbestehen sollten. Der Einfluß auf die Zunge ist ein verhältnißmäßig geringerer, so daß die tieferen Pfeifen in der Tonerhöhung gegen die höheren etwas zurückbleiben. Aber auch hier läßt sich abhelfen, wenn man nach der Tiefe hin verhältnißmäßig dickere Zungen anwendet, womit die Bedingung längerer Ansatzröhren schon wegen der Compensation für die Tonstärke nothwendig verknüpft ist. Die Aenderungen, welche die Wärme in den Zungen selbst hervorrufen könnte, sind dabei allerdings außer Acht gelassen, sie sind aber auch höchst unbedeutend.

Die Zungenpfeife besitzt noch einen anderen musikalischen Vorzug darin, daß ihr Ton frei ist von mitklingenden Aliquot- oder Beitönen. Dem feinen musikalischen Gehör bleibt es nicht verborgen, daß mit dem Grundton einer Saite noch die höhere Octave, die Quinte derselben und wohl auch die Doppeloctave mitklingen. Außer der Schwingung im Ganzen, vollenden auch noch die Hälften, die Drittel und Viertel der Saiten Schwingungen von kürzerer Dauer. Schwingende Luftsäulen sind dem nämlichen Gesetze unterworfen; beiderseits offene Pfeifen lassen dieselben Aliquottöne hören, wie

querschwingende Saiten, in gedeckten Pfeifen erklingt außer dem Grundton noch die Quinte der Octave und die Terz der Doppeloctave. In den Orgeln wird nicht selten, wenn der Aufschnitt nicht richtig bemessen ist, ein Beiton in störender Deutlichkeit hörbar; kein Saiteninstrument und kein Blasinstrument, in welchem die Luft nach Art der Flötenpfeifen schwingt, ist ganz frei davon. Anders verhält es sich mit der Zungenpfeife. Die Abtheilungsart der Platten im Fortgang zu höheren Tönen ist gänzlich verschieden von derjenigen der Luftsäulen, und wenn Zunge und Luftsäule auch zu dem Grundton zusammenwirken und im Einklang schwingen, so können sie sich doch nicht in gleicher Weise in ihren Aliquottönen unterstützen. Diese bleiben darum ganz aus, auch das geübteste Ohr wird aus dem Klange einer Zungenpfeife keine Beitöne herauszuhören vermögen.

---

9. Die Orgel.

Ein Kirchenschriftsteller des dritten Jahrhunderts, **Tertullian**, ruft, als er von der Wasserorgel des Alterthums spricht, deren Erfindung oder Vervollkommnung er **Archimedes** zuschreibt, von Bewunderung hingerissen, aus: „Siehe das wunderbare Geschenk des Archimedes! ich meine die Wasserorgel, in welcher so viele Glieder, einzelne Theile, Zusammensetzungen, Stimm- und Tongänge, Tonarten und Pfeifenreihen so vereinigt sind, daß Alles gleichsam nur Ein Werk ist. Der Wind, welcher durch den Druck des Wassers getrieben wird, theilt seine Dienste; er ist in seinem Wesen zwar ein Ganzes, in der Wirkung aber verschieden." Welche Worte hätte **Tertullian** finden können, wenn er anstatt der anspruchslosen Wasserorgel des **Ktesibius** die großartigen Orgelwerke des Klosters Weingarten, der Kathedrale von Sevilla, der Paulskirche zu Frankfurt oder Stuttgart, der Michaeliskirche zu München, des Münsters zu York oder zu Ulm vor Augen gehabt und ihre Wirkung vernommen hätte. Dennoch ist der Werth der Orgel als musikalisches Instrument auch heutzutage nicht unbestritten. Alles was das feine Gefühl der Hand auf den Saiteninstrumenten, oder der Odem des Mundes auf den Blasinstrumenten dem einzelnen Tone Ausdrucksvolles verleihen kann, der Ansatz im leisesten Hauche, das Anschwellen bis zum bewältigenden Klange, der sanftere Uebergang von einem Tone zum anderen, durch allmäliges Hinauf- oder Hinabgleiten der Tonhöhe, geht der Orgel ab. Ihre Töne sind ein sprödes Material,

durch einen todten Mechanismus hervorgerufen. Wie der Juwelier den Schmuck aus Perlen und Diamanten, so fügt der Organist aus jenen Tönen Melodieen zusammen, aber ihm steht Nichts zu Gebote, was dem geschmeidigen Metall zu vergleichen wäre, worin die edlen Steine in zierlicher Verbindung lagern. Die Instrumentalcompositionen unserer Meister, ausgeführt von einem vollständigen Orchester, fassen den ganzen Reichthum musikalischer Gedanken, sie scheinen allen menschlichen Empfindungen, den zarten, freudigen, wie den herben und trüben auf ihren geheimsten Gängen zu folgen, sie geben dem innersten Grollen, wie dem heftigsten Ausbruch der Leidenschaft gleich vollkommen Ausdruck — der Orgel aber ist nur zugänglich, was keusch und rein das Herz in heiliger Andacht zum Himmel zieht, sie hat darum seit fast anderthalb Jahrtausenden ihre bleibende Wohnstätte in den Gotteshäusern, nicht in den Tempeln der üppigen und wollüstigen orientalischen Völker, auch nicht in der päpstlichen Kapelle zu Rom, aber in den Kirchen der germanischen Völker gefunden; ihr gewaltiger Klang vermag allein, die Hallen gothischer Dome würdig zu erfüllen.

Die Anfänge der Orgel, welche wir aus der vorchristlichen Zeit kennen, waren klein und unbedeutend. Die Syrinx oder Panspfeife und die Sackpfeife waren wohl ihre Vorläufer. Letztere war bei den Hebräern sowohl, als bei den Griechen gebräuchlich, kam von diesen zu den Römern und ward im Mittelalter häufig im westlichen Europa gespielt, in mancherlei sonderbaren Formen, an welche der Name des polnischen Bocks jetzt noch erinnert. Bei den Hochschotten ist die schreiende Sackpfeife sogar, nachdem die Harfe mehr und mehr sich verlor, nationales Lieblingsinstrument geworden; der Piob, der anfangs nur die Trommel in der Kriegsmusik begleitete, fehlt jetzt bei keinem ländlichen Feste.

Die Beschreibung, welche Hero von Alexandrien von den musikalischen Kunstwerken seines Lehrers Ktesibius giebt, beweist, daß bereits 150 Jahre vor Christi Geburt an der Vervollkommnung der Orgel gearbeitet wurde. Die Wasserorgel ist als eine Verbesserung der ohne Zweifel zuerst erfundenen Windorgel, in welche die Luft durch Bälge getrieben wurde, anzusehen. Der Alexandrinische Mechaniker beschäftigte sich mit dem Bau der Feuerspritzen

und es mochte ihm deßwegen nahe liegen, einen Windbehälter, wie er an jenen Werkzeugen unentbehrlich ist, auch an der Orgel anzubringen, damit derselbe die von den Bälgen zugeführte Luft unter dem stetigen Gegendruck einer Wassersäule möglichst gleichmäßig in die Pfeifen ausströmen lasse. Die Wasserorgel erhielt sich im Gebrauch bis ins neunte und zehnte Jahrhundert, wo man anfing, die Ungleichmäßigkeit des Luftzuflusses durch eine größere Zahl abwechselnd wirkender Bälge zu verbessern, um dadurch den namentlich in kälteren Klimaten unbequemen und dem Orgelwerk selbst nachtheiligen Gebrauch des Wassers zu umgehen. Vom Beginn des 14. Jahrhunderts an wird der Wasserorgel nicht mehr gedacht.

Will man auch Tertullian darin keine Glaubwürdigkeit beimessen, wenn er den Angaben Hero's und Vitruv's entgegen, die Erfindung der Wasserorgel Archimedes zuschreibt, will man auch nach den Beschreibungen der genannten Schriftsteller das musikalische Instrument des Ktesibius für weniger kunstreich und zusammengesetzt im Bau halten, als nach den Lobeserhebungen Tertullian's zu schließen wäre, so läßt sich doch aus den Worten des Kirchenschriftstellers entnehmen daß zu seiner Zeit, also im dritten Jahrhundert nach Christi Geburt, schon zusammengesetztere Orgelwerke, mit mehren Pfeifenreihen vorhanden gewesen sein müssen; woher hätte sonst Tertullian die Vorstellung solch' kunstreicher Verbindungen entnehmen sollen, wie er sie dem Archimedes unterlegt? Wenn man bedenkt, daß die kleinen Wasserorgeln bei den Römern sehr verbreitet und in ähnlicher Weise in den Zimmern der Vornehmen anzutreffen waren, wie heutzutage die Spieluhren, daß sie als Tafelmusik bei Gastmahlen von Sclaven gespielt zu werden pflegten, so ist es erklärlich, daß die Aufmerksamkeit der Künstler auf ihre Vervollkommnung gerichtet blieb. Nach einem Briefe des Hieronymus an den Dardanus standen im 4. Jahrh. n. Chr. zwei Orgelwerke mit einfacher Pfeifenreihe Maschrokita und Magrepha im Tempel zu Jerusalem. Beide waren Windorgeln. Auch Julian der Abtrünnige besaß ein mit Bälgen versehenes musikalisches Instrument, Isidor und Cassiodor gedenken solcher aus dem 6. Jahrhundert, Zarlino theilt die Zeichnung einer zu Grado gefundenen Windlade mit aus dem Jahre 580, welche zu zwei Pfei-

fenchören eingerichtet war und 15 Tasten hatte. Nach allem diesem hat die Nachricht, welche Platina in seinen Lebensbeschreibungen der römischen Päbste giebt, daß Vitalian I die Orgeln zwischen 660 und 670 zur Begleitung des Gesanges in die Kirche eingeführt, nichts Unglaubwürdiges. Das Wort organum, aus welchem der Name der Orgel in der deutschen und in den romanischen Sprachen entstanden ist, berechtigt an sich nicht, wo es bei älteren Schriftstellern gebraucht wird, auf ein eigentliches Orgelwerk zu schließen; es bezeichnete jedes Instrument, nicht einmal ausschließlich musikalische; und für die letzteren war es so vieldeutig, als das griechische Symphoneia für uns und als das Wort Harmonica für die Forscher kommender Jahrtausende sein würde, wenn unsere musikalische Literatur bis dahin so unvollständig zugänglich würde, als für uns jetzt die griechische. Sicher ist, daß Pipin, als er ums Jahr 751 den Gesang und die Ceremonieen der römischen Kirche in Frankreich einführte, das Bedürfniß empfand, den Kirchen zur Erhebung der Andacht und zur Unterstützung des Gesanges Orgeln zu geben und daß ihm auf seine Bitte der byzantinische Kaiser Constantin Kopronymus im Jahre 756 in Begleitung einer besonderen Gesandtschaft eine große Orgel mit bleiernen Pfeifen überschickte, welche in der Kirche zu Compiegne aufgestellt wurde.

Die Orgel, welche Karl der Große nach dem Muster der oben erwähnten im Jahre 812 in Aachen bauen ließ, soll die erste in Deutschland gewesen sein, welche ohne Hülfe des Wassers gespielt werden konnte. Schon gegen Ende des 9. Jahrhunderts war in Deutschland der Orgelbau und das Orgelspiel soweit vorgeschritten, daß wiederholt deutsche Künstler nach Italien berufen wurden. Bei der Unvollkommenheit aller übrigen Blasinstrumente muß die Orgel damals einen hohen Rang unter denselben eingenommen haben. Welche Bedeutung man ihr beilegte, beweist unter Anderem die Nachricht, daß der byzantinische Kaiser Theophilus, welcher 829 bis 842 regierte, zwei Orgeln bauen ließ, welche mit kostbaren Steinen und vergoldeten Bäumen ausgeschmückt waren, auf denen Vögel saßen, welche die Stelle der kleinen Pfeifen vertraten und sangen, indem ihnen der Wind durch verborgene Röhren zugeführt wurde. — Auch in England hatten die Orgeln schon im 7. Jahr-

hundert Eingang in die Kirchen gefunden. Der Benedictiner Wolstan berichtet, daß Bischof Elfeg im Jahre 951 für die Kirche zu Winchester eine Orgel bauen ließ, größer, als man sie je vorher gehabt. Sie enthielt 400 Pfeifen, zwei Organisten spielten gleichzeitig auf derselben und 26 Bälge wurden von 70 rüstigen Männern getreten. Es waren dieß offenbar kleine Bälge nach Art der in den Schmiedeessen gebräuchlichen. Auch die Orgeln, welche nach des Prätorius Bericht die Paulinerkirchen zu Erfurt und Halberstadt, sowie die Jacobikirche zu Magdeburg im 14. Jahrhundert erhielten, hatten eine große Zahl kleiner Blasebälge. An jedem war ein hölzerner Schuh befestigt; der Bälgetreter oder Calcant hing an einer hölzernen Querstange und arbeitete im Schweiße seines Angesichts, um mit dem einen Fuß einen Balg niederzutreten, mit dem andern einen zweiten aufzuziehen, wie dieß Prätorius in seinem syntagma musicum auf einer besonderen Tafel sehr anschaulich dargestellt hat.

Von einem richtig bemessenen Windzufluß hängt sowohl die Schönheit als die richtige Stimmung des Tones der Flötenpfeifen ab. Die Orgel steht in dieser Beziehung weit zurück gegen die übrigen Blasinstrumente, bei welchen je nach Bedürfniß die feinsten Abänderungen in der Geschwindigkeit und Fülle des Windes getroffen werden können. Um so größere Aufmerksamkeit verdienen bei der Orgel alle Einrichtungen, welche zum Zweck haben, den Wind ohne merkliche Schwankungen seiner Dichte in gehöriger Fülle stets vorräthig zu halten. Die Pfeifen sprechen bei Luftspannungen, welche durch Wassersäulen zwischen 2,2 und 3,5 Par. Zollen gemessen werden, am Besten an, und bei diesen Spannungen strömt der Wind mit einer Geschwindigkeit zwischen 96 und 124 Par. Fuß aus der Kernspalte der Pfeife aus, mit der Geschwindigkeit also eines heftigen Sturmwindes. Da jede Pfeife von dem Künstler so eingerichtet wird, daß sie bei einer gewissen Stromgeschwindigkeit rein und voll anspricht, da sie, wie es in der Kunstsprache heißt, auf einen bestimmten Wind intonirt werden muß, so war es eine wesentliche Verbesserung des Orgelbaues, als Förner 1677 den Gebrauch der Windwage einführte. Es ist dieß ein äußerst einfacher Apparat, ein kleiner Windbehälter, zum Theil mit Wasser gefüllt, in welches das untere Ende einer etwa 10 Zoll langen, oben offenen Röhre

hineinreicht. An einem Maßstabe liest man ab, um wie viel Zolle das Wasser in der Röhre sich über den Spiegel im Windbehälter erhebt, nachdem man diesen mit demjenigen windführenden Theil der Orgel verbunden hat, in welchem man die Luftspannung zu messen gedenkt. Förner machte diese nützliche Anwendung kaum 30 Jahre später, als die Lehre vom Luftdruck und seine Messung durch Wasser- und Quecksilbersäulen durch Galilei und seine Schüler zuerst aufgestellt worden war.

Gegen Ende des 16. Jahrhunderts wurden an die Stelle der Faltenbälge von deutschen Orgelbauern größere Apparate von soliderer Construction, die sogenannten Spahnbälge, gesetzt. Die Ober- und Unterplatte dieser Blasebälge sind durch eine einzige aus starken Bretern bestehende Falte verbunden, welche durch Lederfassungen an den Kanten die nöthige Beweglichkeit erhält. Der Clavis, ein unter dem Blasebalg angebrachter doppelarmiger Hebel, wird an dem einen Ende von dem Calcanten niedergetreten, ein auf dem anderen Ende aufgesetzter Stab, der Stecher, hebt alsdann die Oberplatte und während dessen schöpft der Balg Luft von Außen, die nach der Orgel hinführenden Ventile hält der Gegendruck der im Innern verdichteten Luft geschlossen. Während die Oberplatte hierauf durch die vereinte Wirkung einer unter dem Clavis angebrachten Gegenfeder und ihrer eigenen, noch durch aufgelegte Gewichte vermehrten Schwere niedersinkt, ist das Schöpfventil geschlossen, die nach dem Orgelwerk führenden Ventile aber sind geöffnet, so daß die gepreßte Luft dahin abfließt. Der Calcant wandert als Spaziergänger von einem Clavis zum anderen, um dieselben niederzutreten, und braucht zu dem nämlichen Balge erst wiederzukehren, wenn die Oberplatte völlig gesunken ist. Von der Kraft, mit welcher Feder und Gewicht die Oberplatte niedertreiben, hängt die Stärke der Windverdichtung ab; der Künstler bemißt diese Kraft nach der Windwage.

Der Windverbrauch für Pfeifen jeder Art und Größe während des Ansprechens ist leicht durch Versuche zu bestimmen; er kann bei einer großen und weiten Pfeife über einen Kubikfuß in der Secunde betragen, während kleine Pfeifen nur einige Kubikzolle bedürfen. Natürlich muß der ganze Verbrauch für den ungünstigsten Fall angenommen werden, daß das ganze Orgelwerk in der möglichst großen

Zahl von Registern in Thätigkeit sei und danach bemißt sich die Anzahl und Größe der Bälge.

Aus den Blasebälgen nimmt die Luft ihren Weg durch den Kanal in die Windlade und von da, wenn durch Niederdrücken der Tasten Ventile geöffnet werden, durch kleine Kammern (Cancellen) und mit diesen in Verbindung stehende enge Kanäle in die Pfeifenfüße und die Pfeifen selbst. Diese ganze Leitung muß natürlich möglichst winddicht sein, um Verluste zu vermeiden; sie sollte aber auch immer so kurz und geräumig angelegt werden, als es die Umstände im Uebrigen nur gestatten, damit die Luft in möglichst ruhigem Fluß und ohne erhebliche Widerstände zu den Pfeifen gelange. Wird eine größere Anzahl von Ventilen plötzlich geöffnet, so entsteht eine Luftverdünnung in der Windlade, welche für einen Augenblick das Ansprechen, namentlich der großen und weiten Pfeifen gefährden kann. Je kürzer der Weg zur Quelle ist, aus welcher der Verlust sich ersetzt, desto präciser und vollständiger werden die Töne eintreten. Durch engere Kanäle muß die Luft rascher strömen, um in der nämlichen Zeit Ersatz leisten zu können, als durch weite. Die größere Geschwindigkeit ist aber immer ein Beweis einer merklich geringeren Dichte der Luft an dem Orte, wohin sie strömt, als da, wo sie herkommt; heftige Strömungen erfahren zudem größere Widerstände und Nichts kann daher ungerechtfertigter sein, als das Vorurtheil der Orgelbauer gegen die „faule" Luft in den weiten Kanälen.

Die durch Ventile von der Windlade getrennten Cancellen übermäßig groß zu wählen, verbietet wohl meist schon der Raum, allein auch die Präcision des Tones, sowohl im Beginne, als im Aufhören, würde darunter leiden. Wenn die Cancelle so weit ist, daß sie beim Schluß des Ventils noch als ein beträchtlicher Behälter verdichteter Luft gelten kann, so schließt sich der Ton nicht rasch genug ab, sondern sinkt im Abklingen vernehmbar herunter.

Die Zungenpfeifen sind bezüglich des Ansprechens und der Tonhöhe nicht so strenge an eine bestimmte Windstärke gebunden, als die Flötenpfeifen; sie wären ganz unabhängig davon, wenn sie vollkommen nach den von Weber aufgestellten Grundsätzen gebaut würden. Doch haben auch bei nicht ausgeglichenen Zungenwerken mit

durchschlagenden Zungen die beiden Künstler Kaufmann im ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts ihren Compressionsbalg mit Erfolg angewendet, welcher, je nach der Anzahl von Federn, die man nach Willkür auf denselben wirken läßt, einen dichteren Wind ausgiebt. Die genannten Künstler wußten das crescendo selbst auf Labialpfeifen, freilich nur auf solche von hoher Tonlage auszudehnen. Das Bedürfniß, der Orgel durch die Zugabe eines stetigen crescendo und decrescendo diejenige Eigenschaft zu verleihen, welche am Schmerzlichsten bei diesem herrlichen Instrumente vermißt wird, hat die Künstler längst beschäftigt, aber die Mittel, welche bis jetzt vorgeschlagen wurden, waren zu unvollkommen und hatten in der Ausführung zu viel Mißliches, um allgemeinere Verbreitung zu finden. Grenié erfand im Jahre 1811 den Kastenschweller und den Jalousieschweller. Beide bestanden aus Gehäusen, welche die Pfeifenchöre umschlossen, bei dem ersteren konnte der Deckel des Kastens, bei dem letzteren konnten an dem Gehäuse angebrachte Jalousieläden nach Belieben von dem Spieler geöffnet oder geschlossen werden, so daß der Ton danach in größerer oder geringerer Fülle nach Außen drang.

Ein sehr sprechendes Bild der allmäligen Ausbildung und Verfeinerung der Orgelbaukunst würde allein schon eine Sammlung der von den frühesten Zeiten bis auf den heutigen Tag gebräuchlichen Claviaturen abgeben. Die ältesten deutschen Orgeln enthielten nur 11 Tasten für die Töne $\underbrace{H\ c\ d\ e}\underbrace{\ f\ g\ a}\ \underbrace{h\ c_1\ d_1\ e_1}$, den griechischen Tetrachorden Hypaton, Meson und Diezeugmenon, und somit der Tonlage des Männergesanges entsprechend. Diese Tasten waren so breit und plump gebaut, daß neun derselben auf der alten Halberstädter Domorgel einen Raum von anderthalb Ellen oder 36 Zollen einnahmen. Eine Taste war 4 Zoll breit, sie war eine Elle lang und bewegte sich in einem Spielraum von einem Fuß abwärts; begreiflicher Weise konnten diese nicht mit den Fingern gespielt werden; sie wurden mit der vollen Faust geschlagen, woher sich der Ausdruck, „die Orgel schlagen" in einigen Gegenden Deutschlands noch erhalten hat. Von Harmonieverbindungen konnte unter so bewandten Umständen nicht die Rede sein; nur der einzelne Ton

wurde angeschlagen, um dem Gesang der Gemeinde als Anhalt zu dienen. — Die 1371 erbaute große Orgel zu Halberstadt besaß nach Prätorius Bericht bereits vier Claviere, deren Tasten innerhalb der Grenzen H und a_1 blieben. Das erste Clavier z. B. enthielt gerade entsprechend den griechischen Tetrachorden 14 diatonische und 8 chromatische, im Ganzen 22 Töne. Die Hauptpfeifen, das sogenannte Principal, mußten für den Ton H eine Länge von etwa 4 Fußen, für a_1 von 1 Fuß haben, wenn sie der Gesangstimme unison sein sollten.

In den Orgeln unserer Zeit enthalten die für die Hand bestimmten Claviere, die sogenannten Manuale, vier bis vier und eine halbe Octave und die Pfeifen des Principals stimmen von C bis c_3, oder von C bis f_3, so daß das ganze Bereich der menschlichen Stimme von diesen Tönen umfaßt wird. Zwar hatte sich die Claviatur der Orgel schon im 16. Jahrhundert, nachdem die Sopranstimme mit in den Kirchengesang aufgenommen war, auf 4 Octaven erweitert, allein in der tieferen, der „kurzen Octave" fehlten die chromatischen Töne, oder es waren in der „gebrochenen Octave" mehre Töne der Raumersparniß wegen übereinander gelegt.

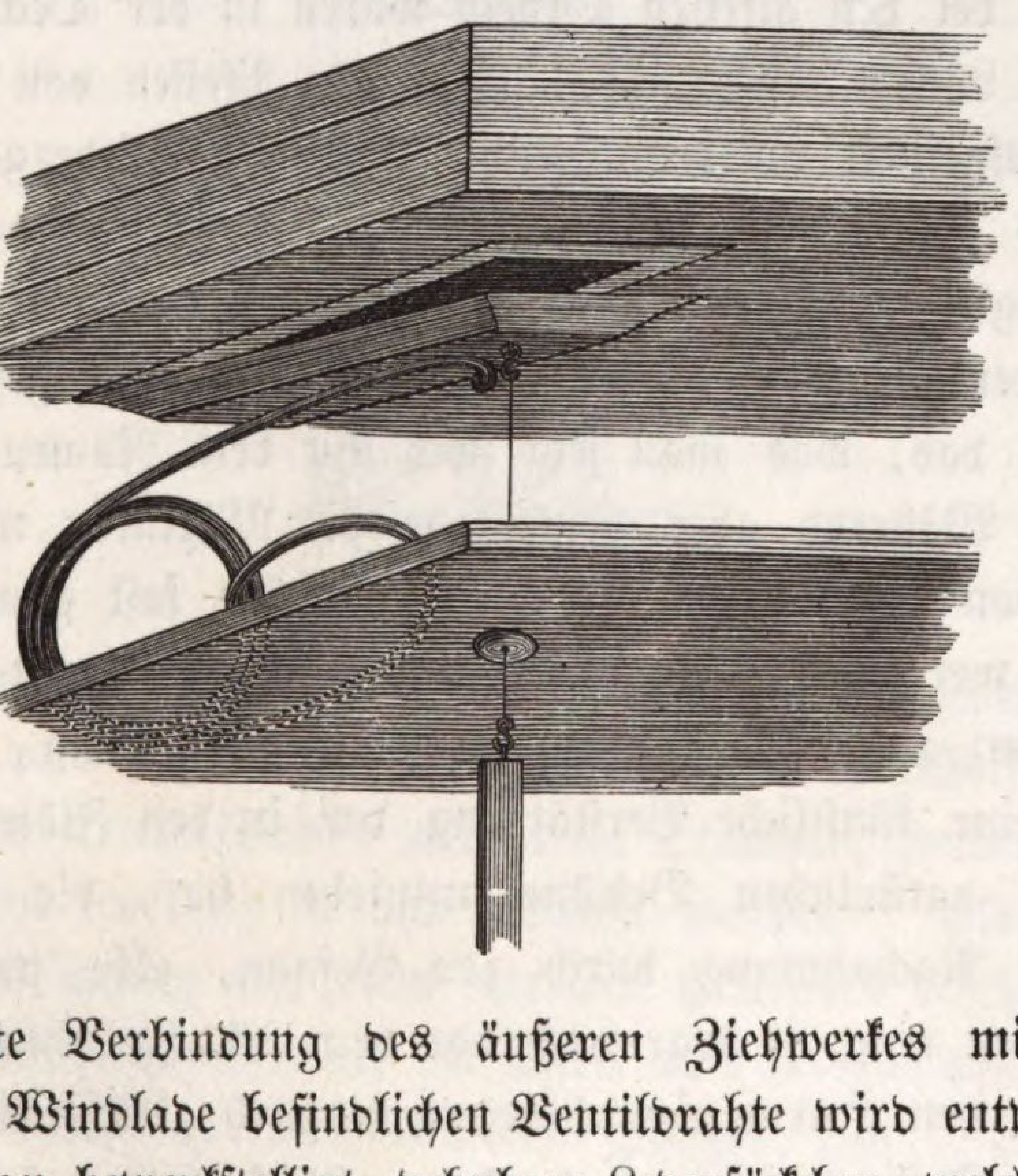
Eine wichtige Bereicherung erfuhr die Claviatur im 15. Jahrhundert durch das Pedal, als dessen Erfinder die Geschichte einen Deutschen, Bernhard, nennt, welcher als Hoforganist des Dogen von Venedig fungirte. Die Pedaltasten setzen den Organisten in den Stand, außer den Händen sich auch noch der Füße zur Vervollständigung der Harmonieen zu bedienen. Es waren ihrer anfangs nur wenige, 6 bis 8, auch bei der heutigen Vollkommenheit der Orgel würde es unter allen Umständen zwecklos sein, viel mehr als zwei Octaven ins Pedal zu legen; dasselbe reicht gewöhnlich von C bis c_1, höchstens e_1. Ihm sind vorzugsweise tiefe Stimmen, das tiefe C mit Pfeifen von 16 oder 32 Fuß Länge, zugewiesen. Da diese zum vollen Ausgeben ihrer Klangfülle stärker gespannten Wind erfordern, als die höheren Tonlagen, so werden dem Pedal in größeren Orgelwerken nicht selten besondere Bälge mit größerer Belastung gegeben.

Die großartigen Orgelwerke der neueren Zeit enthalten eine so reiche Menge von Pfeifenreihen verschiedener Klangart, sogenannte

Register oder Stimmen, daß es völlig unthunlich wäre, alle Pfeifen der nämlichen Tonhöhe durch Ein Ventil aus der nämlichen Windlade, also durch Benutzung einer einzigen Taste mit Wind zu versehen. Die Stimmen sind daher nach dem Ermessen des Künstlers in Gruppen gesondert, deren jede ihre besondere Windlade und Claviatur hat. Durch die Namen „Hauptmanual", „Oberwerk", „Rückpositiv" und „Nebenregister" sind diese verschiedenen Gruppen unterschieden. Die Claviaturen der drei ersteren sind staffelförmig übereinander angebracht, die beiden letzteren aber liegen auf anderen Seiten des Orgelwerkes. Häufig sind auch sie mit besonderen Pedalen versehen.

Wenn die Finger eine Taste der Claviatur, oder der Fuß einen Clavis des Pedals niederdrückt, so soll im nämlichen Augenblick in der Windlade ein Ventil sich öffnen, damit eine oder mehre zu jener Taste gehöriger Pfeifen alsbald ansprechen. Die Gestalt eines Ventils, einer hölzernen mit Leder besetzten Klappe, welche durch den Druck einer Feder geschlossen gehalten wird, ist in der folgenden Figur, welche in das Innere einer Windlade blicken läßt, dargestellt.

Fig. 55.

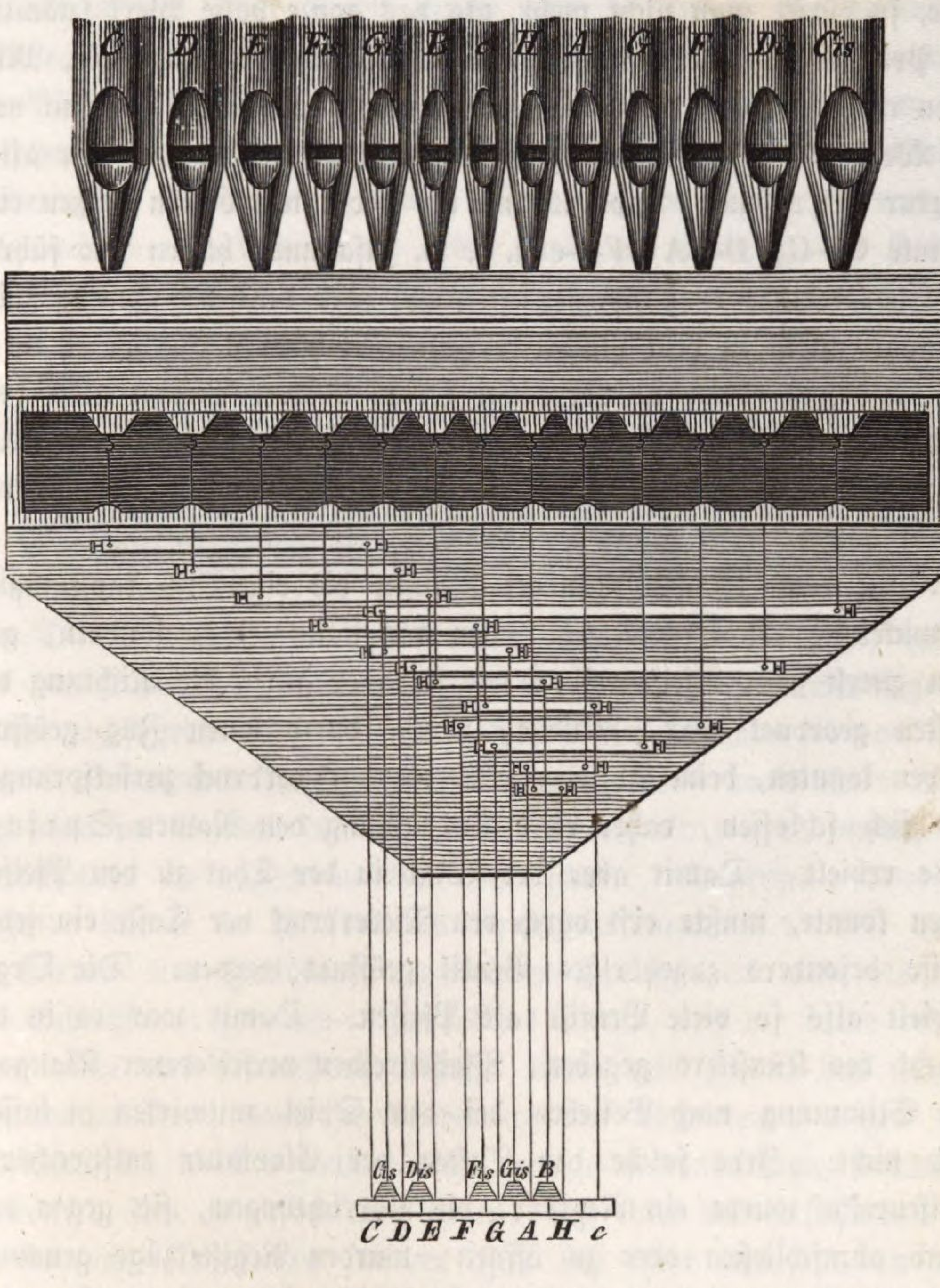


Die luftdichte Verbindung des äußeren Ziehwerkes mit dem im Inneren der Windlade befindlichen Ventildrahte wird entweder durch die Pulpetten bewerkstelligt, dehnbare Ledersäckchen, welche die Oeff-

nungen im Boden der Windlade, durch welche der Draht geht, dicht schließen, oder durch Messingplättchen, welche mit so feinen Löchern durchbohrt sind, daß der Draht noch eben zur Bewegung Platz hat. Da in der Claviatur gleichbreite Tasten nebeneinander liegen, die Cancellenöffnungen und zugehörigen Ventile aber von den höheren nach den tieferen Tönen hin immer geräumiger und breiter werden, so kann das Ziehwerk nicht einfach in senkrecht aufwärts gehenden Drähten bestehen. Noch weniger würde sich eine so einfache Verbindung zwischen den Ventilen und den Pedalclaves herstellen lassen. Das Wellenbret dient, um die widersprechenden Anforderungen, welchen die Claviaturen und die Ventile entsprechen müssen, in Einklang zu setzen. Es sind auf demselben, wie man aus der Figur 56 entnehmen kann, so viel um horizontale Axen drehbare Wellen befestigt, als die Claviatur Tasten hat. An den beiden Enden jeder Welle befinden sich Ansätze, an derem einen der Ziehdraht der Taste angreift, während von dem anderen der Draht durch die Pulpette zum Ventil aufsteigt, um den Zug dahin fortzupflanzen. Je weiter Taste und Ventil in wagerechtem Sinne auseinanderliegen, je weiter also der Zug versetzt werden muß, desto länger muß ihre Welle sein.

Schon bei den ältesten Orgeln waren in der Decke jeder Cancelle mehre Löcher angebracht, auf welche Pfeifen von verschiedener Tonhöhe aufgesteckt wurden. Wenn die Taste niedergedrückt, das Ventil also geöffnet wurde, erklangen alle Pfeifen der nämlichen Cancelle zugleich. Einige waren mit dem Hauptton im Einklang, andere in der Octave, in der Quinte oder Quarte gestimmt, das Ganze also das, was man jetzt noch mit dem Namen der Mixtur bezeichnet. Während aber heutzutage die Mixturen nur als Füllstimmen, von der Klangmasse der Haupttöne fast gänzlich verdeckt angewendet werden, klangen dieselben bis zum Beginn des 15. Jahrhunderts ganz allein, und wenn auch diese Erfindung, welche man wohl als eine künstliche Verstärkung der in den Flötenpfeifen leise erklingenden natürlichen Beitöne anzusehen hat, die erste Veranlassung zur Nachahmung durch den Gesang, also zum Organum gegeben haben mag, so war doch vor dem 15. Jahrhundert an eine Ausführung von Harmonieverbindungen durch gleichzeitiges Anschlagen mehrer Tasten nicht zu denken. Prätorius sagt in seinem

Fig. 56.



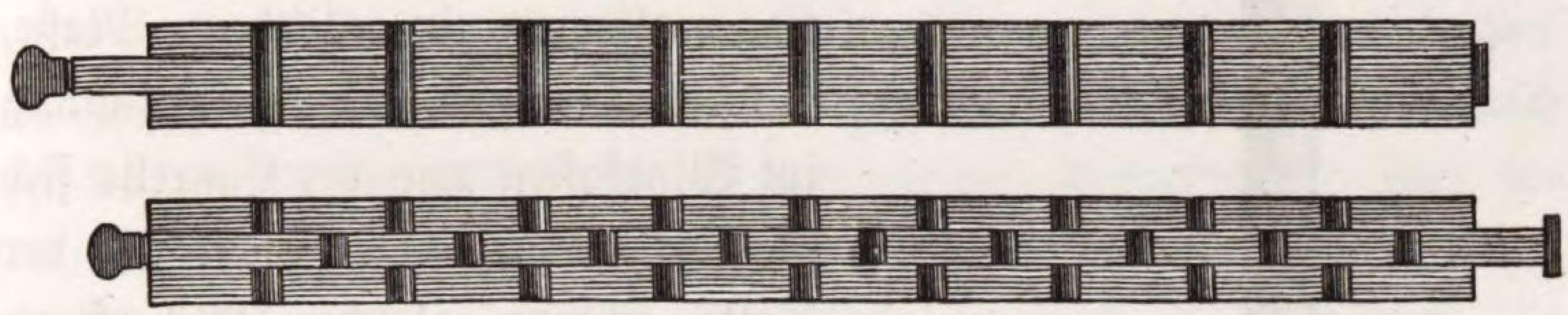
Syntagma musicum ausdrücklich, man habe sich mit jenen schlechten Orgelwerken nach damaliger Art der Musik wohl behelfen können, „sintemal keine Compositionen mit vielen Stimmen, sondern nur der schlechte Choral einfältig darauf gemacht worden.“ Als man aber endlich dennoch anfing mit jenen nur mit Mixturen besetzten Orgeln Harmonieen auszuführen, muß der Effekt auch für das anspruchloseste musikalische Gefühl ein fürchterlicher gewesen sein. **Prätorius** sagt hierüber: „ich bin der Meinung, wenn man jetzo die alte

harmoniam gerne hören wollte und wie die alte Musik geklungen habe, so dürfte man nicht mehr, als das ganze volle Werk (nämlich die Principalen, Octaven, Superoctaven, Quinten, Cymbeln, Mixturen und Subbässe und was sonsten mehr vorhanden, so zum vollen Werk zu ziehen gebräuchlich und ein recht specimen der alten Mixtur ist) nehmen, und alsdann im Pedal mit beiden Füßen eine Quinte C—G, D—A, F—c u. s. w. zusammen halten und führen den Choral eines responsorii, introitus, oder deutschen Gesanges im Manual, allein in dem unüberstrichenen Buchstaben-Clavier c, d, e, f, g, a, h, c_1 (denn in der alten Orgel kleinere Pfeifen nicht vorhanden gewesen) so würde man der alten Art und Harmonie ziemlich nahe kommen, wie wohl sie es anfangs so gut nicht werden gehabt haben."

Mit dem 15. Jahrhundert beginnt die eigentlich kunstmäßige Entwickelung des Orgelbaues. Um die Stimmen zu sondern, gab man zuerst jeder Pfeifenreihe, wie sie quer gegen die Richtung der Tasten geordnet war, Ventile, welche durch einen Zug geöffnet werden konnten, beim Abziehen aber durch Federdruck zurücksprangen und sich schlossen, daher diese Vorrichtung den Namen Springlade erhielt. Damit aber der Wind in der That zu den Pfeifen treten konnte, mußte erst durch den Niederdruck der Taste ein jeder Pfeife besonders zugehöriges Ventil geöffnet werden. Die Orgel enthielt also so viele Ventile als Pfeifen. Damit war es in die Macht des Künstlers gegeben, Pfeifenreihen verschiedener Klangart und Stimmung nach Belieben bei dem Spiel mitwirken zu lassen oder nicht. Jede solche den Tasten der Claviatur entsprechende Pfeifenreihe wurde ein Register, die Vorrichtungen, sie gegen den Wind abzuschließen oder zu öffnen, wurden Registerzüge genannt. Sehr bald trat indessen an die Stelle der Springladen eine einfachere, von deutschen Künstlern erfundene Einrichtung, die jetzt noch fast ausschließlich gebräuchliche Schleiflade. Man denke sich rechtwinkelig gegen die Richtung der Cancellen und über die Decke derselben so viele lange schmale Holzstreifen gelegt, als verschiedene Register auf der Windlade stehen. Diese Schleifen sind zwischen noch schmaleren festen Leisten, den Dämmen, beweglich. Schleifen und Dämme sind mit einer gemeinschaftlichen Holzdecke bedeckt, in

deren Durchbohrungen die Pfeifen eingesteckt werden. Die Durchbohrungen der Decke liegen genau über denjenigen der Cancellenspünde, aber eine Verbindung, welche den Wind aus der Cancelle zur Pfeife durchläßt, ist nur bei einer bestimmten Stellung der dazwischen liegenden Schleife vorhanden, welche mit ganz entsprechenden Bohrungen versehen sein muß. Die folgende Figur soll nur im Allgemeinen eine Vorstellung geben, wie die Stellung der Kanäle bei gezogenem oder bei abgestoßenem Register ist.

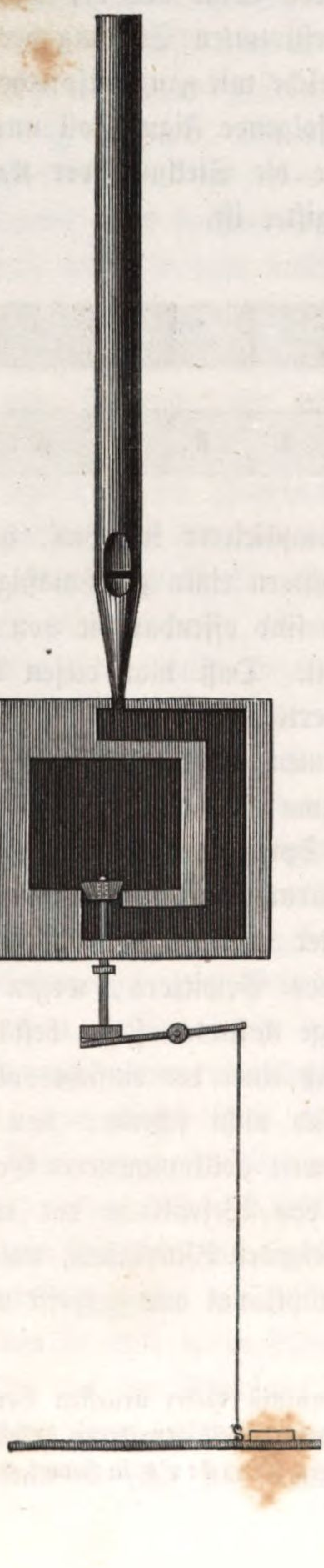
Fig. 57.



Die Springladen, obgleich weit complicirter im Bau, haben vor den Schleifen den Vorzug, allen Registern einen gleichmäßigeren Wind zuzuführen. Bei den Schleifladen sind offenbar die von dem Ventil entfernteren Register im Nachtheil. Daß man diesen Vorzug schon im Beginne des 17. Jahrhunderts, wo wie es scheint, die Schleifladen in allgemeine Aufnahme kamen, eingesehen, beweisen folgende Worte in Prätorius Syntagma musicam: „Wie dann die Nieder- und Holländer von solchen Springladen mehr als von den Schleifladen gehalten: Und solches darum, daß der Wind reiner ohne vitia und sonderbare Mängel unter den Pfeifen hat mögen behalten werden; auch in Aenderung des Gewitters, wegen des Schleifwerks, welches sonsten nicht geringe defecten seyn, beständig blieben." Um so erfreulicher ist es, daß einer der einsichtsvollsten Meister des Orgelbau's unserer Zeit sich nicht scheute, von den Schleifen wieder zu den Springladen in weit vollkommenerer Gestalt zurückzukehren. Die Figur 58 *) zeigt das Wesentliche der neuen Einrichtung. Jedes Register hat seinen eigenen Windkasten, welcher, wenn das Register gezogen ist, vom Hauptkanal aus gespeist wird.

*) Der Verfasser verdankt die nähere Kenntniß dieser neuesten Vervollkommnung des Orgelbaues einer mit Zuvorkommenheit gewährten brieflichen Mittheilung des ausgezeichneten Erfinders, Herrn Walcker's in Ludwigsburg.

Fig. 58.
Walcker's Springlade.



Soll eine Pfeife tönen, so muß durch Niederdruck der Taste ein Kegelventil gehoben werden, um den Wind in die der Pfeife zugehörige Cancelle strömen zu lassen. Die Mechanik besitzt, wie man leicht aus der Figur entnimmt, den Vortheil, daß der Hebelarm des Ventilgewichts sich beim Niederdruck der Taste stetig verlängert in gleichem Maße, als der Unterschied der Luftspannung im Windkasten und der Cancelle sich mindert, so daß der Finger auf der Taste immer gleichen Widerstand empfindet *). Sobald der Druck auf der Taste aufhört, sinkt das Ventil durch seine eigene Schwere herab und es ist somit die immer mißliche Anwendung von Federkraft umgangen. „An ein Correspondiren mit der Nachbarcancelle durch die Cancellenwandung", sagt der Erfinder, „an ein Verschleichen des Windes zwischen den Parallelen und Pfeifenstöcken, an ein Heulen oder Nachtönen durch schlechten Ventilschluß, an ein Verquellen der Registerzüge, welche Uebelstände bei den Schleifladen so häufig eintreten, ist bei der neuen Einrichtung nicht zu denken. Die Registerventile lassen sich eben so leicht dirigiren, als die

*) Wie es sich mit den Kegelventilen der nicht gezogenen Register verhalte, ist in der Mittheilung nicht gesagt.

Tastenventile, daher das Registriren dem Organisten so sehr erleichtert werden kann, daß er mittelst eines Fußtritts die größte Orgel von der schwächsten Stimme bis zur vollen Stärke an- und abzuschwellen im Stande ist, so daß beinahe keine Abstufung, sondern nur ein Crescendo oder Decrescendo im großartigsten Maßstabe zu vernehmen ist.“

Erst nachdem die Scheidung der Stimmen durch Spring- oder Schleifladen bewerkstelligt war, war es thunlich und verlohnte es sich der Mühe, der Orgel eine größere Zahl von Pfeifenreihen zu geben und Mannichfaltigkeit in die Tonlagen und die Klangfarben der Register zu bringen. Darum beginnen diese Bestrebungen auch erst im 15. Jahrhundert, die Erfindung der Zungenpfeifen oder sogenannten Schnarrwerke gehört dieser Zeit an; da man bis zu Ende des 18. Jahrhunderts sich nur aufschlagender Zungen bediente, so ist es nicht wahrscheinlich, daß die deutschen Künstler durch das Cheng der Chinesen, ein tragbares Pfeifenwerk mit durchschlagenden Zungen, auf die Erfindung der Schnarrwerke geführt worden sind, wenn auch das Abendland bereits seit dem Beginn des 14. Jahrhunderts mit China in häufigere Berührung getreten war.

Aus der Scheidung der bis zum 15. Jahrhundert allein gebräuchlichen Mixturen gingen zunächst Pfeifenreihen hervor, deren Grundtöne in einfachen harmonischen Intervallen standen. Der Taste C entspricht naturgemäß der Ton von 65,4 Schwingungen, welchen eine beiderseits offene Flötenpfeife von 8 Fuß Länge giebt. Die Pfeifenreihen, in welchen zur Taste C die Töne von 131, 262,.. Schwingungen ansprachen, erhielten den Namen Octava und Superoctava, das um 3 Octaven höhere Register den Namen Supersuperoctava, oder gewöhnlicher Sedecima, auch Quintadecima, während das erste Register, welches mit der Taste C den ihr herkömmlich entsprechenden Ton von 65,4 Schwingungen erklingen läßt, Hauptstimme oder Principal genannt wurde. Außer diesen Grundstimmen lösten sich aus den Mixturwerken die Pfeifenreihen, in welchen auf der Taste C die Quinte G oder g, oder auch die Terzen E oder e erklangen, als besondere Register oder sogenannte Nebenstimmen ab. Die Orgelbauer erfanden eine sehr einfache Bezeichnung zur Unterscheidung aller dieser Stimmen, welche bis auf den heu-

tigen Tag gebräuchlich geblieben ist. Das Principal hat naturgemäß zur Taste C eine offene Flötenpfeife von 8 Fuß Länge, demgemäß wird dieses Register das achtfußige genannt, und diese Pfeifenreihe verkürzt sich bis zur Taste c_3 auf einen halben Fuß. Die Register der Octava, Superoctava und Sedecima sind nach dieser Bezeichnungsweise vier-, zwei- und einfußige. Sollten sie consequent bis zur Taste c_3 fortgeführt werden, so würde auf dieser im Sedecimaregister eine Pfeife von $\frac{3}{4}$ Zoll Länge stehen, der Ton hätte 8372 Schwingungen und entspräche dem sechsgestrichenen c, einem Ton, welcher musikalisch gar keinen Werth mehr hat. Darum ist es gebräuchlich, in den höheren Registern die Pfeifenlängen etwa von C bis c_1 abnehmen und dann wieder von Vorn beginnen oder repetiren zu lassen.

Die Künstler konnten die gewaltige Wirkung der tieferen Tonlagen nicht verkennen und gingen darum bis zu dem 16-, ja bis zum 32fußigen Register herab, welche sie insbesondere den Pedalclaves zuwiesen. Pfeifen von so bedeutender Länge waren nicht nur kostbar und schwierig herzustellen, um so mehr, als bis zum 17. Jahrhundert die Holzpfeifen noch selten waren, sondern ihre Aufstellung mußte nicht selten auch auf unüberwindliche Hindernisse stoßen. Selbst die Intonation solcher gewaltigen Pfeifen hatte Schwierigkeiten, welche erst neuerdings von Walcker durch Einführung der mittelst Schrauben verstellbaren Kerne überwunden wurden, so daß man jetzt erst eigentlich musikalische Klänge aus jenen Pfeifen erhält. Es bot sich gegenüber diesen Hindernissen die äußerst willkommene Beobachtung, daß der Ton einer Flötenpfeife fast um eine Octave herabgeht, wenn man sie oben schließt; so daß man die Register von 32 Fußton mit Pfeifen von 16 Fuß Länge an abwärts herzustellen vermochte. Das älteste Pedalregister dieser Art führte den Namen „Untersatz.“ Gedackt ist der allgemeine Kunstausdruck, womit solche Register bezeichnet werden. Nachdem man einmal die Wahrnehmung gemacht hatte, daß der Ton der gedackten Register gedämpfter und sanfter, als in den offenen Flötenpfeifen ist, ein Umstand, welcher sich aus der weit unvollkommeneren Verbindung der schwingenden Luftsäule mit der äußeren Luft erklärt, benutzte man diese Eigenschaft auch für die höheren Tonlagen. Die

„Flöte" ist ein gedacktes Register von sanftem Character, 8fußig in der Flauto major, 4fußig in der Flauto minor; der Bauernflötenbaß ist ein 4fußiges gedacktes Pedalregister.

Es ist bereits der Ansätze gedacht worden, welche den Aufschnitt der Pfeifen entweder nur auf beiden Seiten als sogenannte Seitenbärte, oder auch noch unten als Kastenbärte umgeben, oder welche als sogenannte Schneidebärte quer über den Aufschnitt hinziehen. Wie man durch die theilweise Deckung des Aufschnittes mittelst dieser Ansätze den Ton herabstimmen kann, so vermag man ihn auch um Weniges dadurch zu dämpfen und somit kleine Aenderungen seines Characters einzuführen. Ein weit ausgiebigeres Mittel aber der verschiedenen Tonfärbung hat sich den Orgelbauern in der sogenannten Mensur der Pfeifen, d. h. in dem Verhältniß ihrer inneren Weite zur Länge, verbunden mit verschiedener Größe des Ausschnittes, geboten. Bei weiter Mensur beträgt die Länge offener Pfeifen gewöhnlich das 12- bis 14fache, bei gedackten Pfeifen das 6- bis 7fache des inneren Durchmessers, während bei enger Mensur die Länge offener Pfeifen vom 15- bis 24fachen, bei gedackten vom 7- bis 12fachen der Weite sich vergrößert. Es sind aber weite Mensur und großer Aufschnitt, namentlich bei nur mäßigem Luftzufluß, verbunden mit rundem, sanftem und doch vollem Ton; während enge Mensur, kleinerer Aufschnitt und heftigerer Wind einen scharfen, schneidenden, helleren Ton geben. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Unterschied hauptsächlich durch die größere oder geringere Deutlichkeit bedingt wird, mit welcher die Beitöne oder harmonischen Obertöne in die Tonmasse des Grundtons eintreten. Alle zuletzt genannten Umstände, enge Mensur, kleinerer Aufschnitt und stärkeres Blasen begünstigen aus Gründen, welche dem aufmerksamen Leser noch erinnerlich sein werden, die Bildung der Unterabtheilungen. In dem alten Register „Quintaten" (quintam tenens) beträgt, obgleich es gedackt ist, die Länge das 10fache der Weite. Darum tönt aber auch die Quinte der Octave oder Duodecime in gleicher Deutlichkeit mit dem Grundtone zugleich. Dieselbe Eigenthümlichkeit besitzt das Register „Nachthorn."

Auch eine kegelförmig nach Oben sich verjüngende Form der Pfeifen begünstigt einen schärferen, an die Streichinstrumente erinnern-

den Ton und auch von diesem Umstande haben die Orgelbauer des 15. und 16. Jahrhunderts schon Gebrauch zu machen gewußt, wie die alten Register „Nasat“ und „Gemshorn“ beweisen.

Vielleicht gewährt es dem Leser ein gewisses Interesse, die Disposition einiger alten Orgelwerke kennen zu lernen. Leider ist uns aus dem 15. Jahrhundert keine einzige bekannt. Von Orgelwerken aus der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts theilt Prätorius im Syntagma musicum eine ganze Reihe mit, aus welcher wir die folgenden zwei mit Beibehaltung der Orthographie herausnehmen.

Die Orgel zu S. Johannes in Lüneburgk.

Welches ein trefflich Werck von 27 Stimmen, gar hell und scharff, und mit Springladen gezieret, sol im Niederlande, und, wie man saget im Herzogen Busch, ohngefehr vor siebentzig Jahren (also 1549) verfertigt und zu Schiff heraußer gebracht seyn. Hat 1 Tremulant, 2 Ventil, unter welchem eines zum obersten Clavir, das andre zum Rückpositiff gehöret.

3 Clavir, das mittelste als das größte Werck hat unten eine gantz Octava mehr, als sonsten andre Clavir in gemein; Nemblich noch eine andre Octaven unter das große C, welche Octava dem Pedal angehenget ist und darzu gebraucht wird. Sonsten seynd diese 3 Praestanten oder Principale in den dreyen Claviren alle gleich und nicht tieffer, als 4 Fuß thon.

Das mittelste Clavir, welches das gröbste Werck seyn sol: Hat 8 Stimmen

1. Mixtur 2. Praestant 3. Octava 4. Nachthornbaß 5. Scharp 6. Trommetenbaß 7. Baurenflötenbaß	stehen alle uff der Laden.	8. Untersatz. Diese Stimme stehet an der halbe und ist von eim Orgelmacher zu Hamburg ohngefehr vor 40 Jahren (1580) daran gesetzt worden.

Das oberste Positiff und Clavir hat 8 Stimmen.

1. Superoctava	5. Praestant
2. Nasatt	6. Zimbel
3. Flöite	7. Holpipe
4. Gemßhorn	8. Trommete.

Das Rück Positiff oder unterste Clavir : 11 Stimmen

1. Praestant	7. Schallmey
2. Scharp	8. Regal
3. Klein Holpipe	9. Siflöit
4. Quintadehna	10. Koppeldone oder Octava
5. Baarpipe	11. Rußpipe (Rauschpfeife).
6. Mixtur	

Die große Orgel zu Dantzig
In S. Marienkirche, So Anno 1585 von Julio Antonio erbauet worden, helt 55 Stimmen.

Im Ober Werck seynd 13 Stimmen

1. Principal	16 Fuß	Dieser Stimm ein jede hat 48 Pfeifen.
2. Holflöite	16 Fuß	
3. Quintadehna	16 Fuß	
4. Spillpfeife	8 Fuß	
5. Octava	8 Fuß	
6. Quintadehna	8 Fuß	
7. Offenflöite oder Viol	8 Fuß	
8. Spillpfeife	4 Fuß	
9. Viol	4 Fuß	
10. Sedecima		
11. Rauschquint		

12. Zimbel hat 144 Pfeifen, ist derwegen drei Chöricht
13. Mixtur, hat in alles 1152 und auff jeder Clavem 24 Pfeifen.

In der Brust= oder Vor Positiff : 8 Stimmen

1. Gedackte Stimme	8 Fuß	5. Zimbel	
2. Gedackt	4 Fuß	6. Dunecken	2 Fuß
3. Principal	4 Fuß	7. Regal singend	8 Fuß
4. Quintadehna	4 Fuß	8. Zincken	4 Fuß

Im Rückpositiff : 18 Stimmen.

1. Principal	8 Fuß	10. Waldflöit	
2. Holflöit	8 Fuß	11. Rauschquint	
3. Spillpfeif oder Blockflöit	8 Fuß	12. Nasatt	
4. Octav	4 Fuß	13. Zimbel von 144 Pfeiffen	
5. Offenflöit oder Viol	4 Fuß	14. Mixtur von 220 Pfeiffen	
6. Kleine Blockflöit	4 Fuß	15. Trommet	8 Fuß
7. Gemßhorn		16. Krumbhorn	8 Fuß
8. Sedecima		17. Zincken	4 Fuß
9. Flöit		18. Schallmeyen	4 Fuß

Im Pedal zum Ober Wercke 4 Stimmen, eine jede von 43 Pfeiffen.

1. Groß Unterbaß	32 Fuß	3. Posaunen Baß	16 Fuß
2. Unterbaß	16 Fuß	4. Trommete	8 Fuß

Im Pedal auf beyden Seitten : 12 Stimmen.

1. Flöiten oder Octava	8 Fuß	7. Bawerpfeiff
2. Gedact	8 Fuß	8. Zimbel von 144 Pfeiffen
3. Quintadehna	4 Fuß	9. Mixtur von 220 Pfeiffen
4. Superoctav	2 Fuß	10. Spitz oder Cornett
5. Nachthorn		11. Trommeten oder Schallmeyen
6. Rauschquint		12. Krumbhörner.

Ueber das seynd noch in der gantzen Orgel 3 Tremulanten, und 1 Trummel im Baß. Daß also 60 Register in alles vorhanden seyn.

Dieß waren schon sehr umfangreiche Orgelwerke, die Danziger Orgel hielt 60 Register und etwa 3600 Pfeifen. Die Tremulanten, welche die obige Beschreibung anführt, waren keine Pfeifenregister, sondern Ventile im Zuleitungskanal der Luft, welche durch einen besonderen Mechanismus gelöst und der Wirkung des Luftstromes preisgegeben werden konnten. Die regelmäßigen Schwankungen, in welche sie geriethen, theilten sich dem Luftzuflusse selbst mit und wirkten endlich auf den Ton der Pfeifen fort, welcher dann in zitternder, bebender Weise ansprach. Eine ähnliche Wirkung hat man auch durch ein eigenes, gegen die übrigen Stimmen etwas zu hoch gestimmtes Register zu erreichen gesucht, welches den Namen Unda maris erhielt, indem die Schwebungen, welche es, mit anderen Registern gleichzeitig angeschlagen, gab, dem Wogen der Meereswellen verglichen wurden. Auch durch ein einziges Register, das sogenannte Bifara, hat man diese Schwebungen hervorgerufen, indem man den diesem Register angehörigen Flötenpfeifen zwei Labien mit ungleichen Aufschnitten, also etwas abweichender Tonstimmung an entgegengesetzten Seiten gab.

Viele Namen von Pfeifenregistern, wie diejenigen der Flöte, Trommete, Schalmey, Zincke, Posaune, das Krumbhorn, Cornett, Pommer, Bordun, Fagott verrathen, daß man in ihnen eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Ton musikalischer Instrumente

jener Zeit erkannte und nachzuahmen bemüht war. An die Stelle mancher jener älteren Namen jetzt nicht mehr gebräuchlicher Instrumente sind in späteren Zeiten die Bezeichnungen : Viola di Gamba, Violoncelle, Oboe, Clarinette, Flûte d'amour, Harmonica und Physharmonica getreten. Namentlich sind die Zungenpfeifen fruchtbar in Nachahmungen anderer Instrumente, welche man durch Abänderungen in der Größe und Schwere der Zungen, sowie in der Form der Aufsätze hervorzubringen suchte. Obgleich diese Aufsätze, auch wenn sie cylindrische oder prismatische Form haben, niemals den Längen der Flötenpfeifen von gleichem Ton gleich sind, so ist es doch gebräuchlich geworden, auch auf sie die Benennung des verschiedenen Fußtones anzuwenden. Der Name „Posaune von 16 Fußton" bedeutet, daß auf der Taste C der Ton von 32,7 Schwingungen, also C_{-1}, erklingt, gleichgültig, welche Länge die Aufsatzröhre haben mag. Selbst die Töne der Claväoline und der Physharmonica, zweier Instrumente, welche sowohl selbständig, wie auch als Bestandtheile der Orgel gespielt werden, werden nach Fußton unterschieden, obgleich sie ausschließlich durch Zungen ohne jede Beihülfe einer schwingenden Luftsäule erzeugt werden.

Den Zungenpfeifen, welchen man den schmetternden Zungenton in heller lauter Ansprache zu erhalten wünscht, giebt man Aufsätze, welche sich nach Oben trichterförmig erweitern, wie z. B. bei den Registern Posaune und Trompete. Den zärteren Ton der Oboe dagegen erreicht man mittelst cylindrischer engmensurirter Aufsatzröhren, während das Register, welches die menschliche Stimme nachahmen soll, die Vox humana, Aufsätze hat, welche sich zwar nach Oben erweitern, aber zur Dämpfung des Tones mit einem Deckel versehen sind, der den inneren Schwingungen nur durch eine sehr enge Oeffnung der äußeren Luft sich mitzutheilen gestattet.

Man hat zu den Pfeifen im Laufe der Zeiten sehr verschiedenes Material verwendet, und dasselbe nicht ohne Einfluß auf die Klangfarbe der Register gefunden. Die Anwendung von Glas, Pappe, Thon hatte jedoch zu viel Mißliches, die edlen Metalle sind zu theuer und man ist daher bei dem Gebrauch von harten und weichen Hölzern, von reinem englischen Zinn und von Legirungen aus Zinn und Blei, dem von den Orgelbauern vorzugsweise sogenannten

Metall stehen geblieben. Die Künstler wollen bemerkt haben, daß schon der Unterschied von hartem und weichem Holz sich merklich in der Klangfarbe zu erkennen giebt, indem das erstere einen scharfen helleren, das letztere einen sanfteren gedämpften Ton begünstige. Das Register Querflöte (flûte d'Allemagne) findet man in Birnbaum- oder Ahornholz ausgeführt, während die übrigen Holzregister fast ausschließlich aus Fichten- oder Tannen-, seltener aus Eichenholz bestehen. Die Anwendung des Holzes ist der Klangfarbe aller weit mensurirten Flötenstimmen, sowie der größeren Gedackten angemessen. Allein auch bei anderen Stimmen, namentlich bei allen größeren Pedalregistern, gehen die Künstler häufig in den tieferen Lagen von Metall zu Holz über, weil die Kraft der Schwingungen bei diesen so starke Wände erfordert, daß die Pfeifen in Metall ausgeführt außerordentlich schwer und zu theuer würden.

Alle Pfeifen, deren Ton scharf, stark und durchdringend sein soll, müssen aus Zinn oder gutem Metall, d. h. aus einer nur wenig bleihaltenden Legirung, bestehen. Das reine Zinn wird, theils um jenen Toncharacter in möglichster Vollkommenheit herzustellen, theils des glänzenderen Ansehens wegen, bei den im Prospect stehenden Principalen und Octaven, bei den meisten gemischten Stimmen, bei der Viola di Gamba, Fugara (einer eng mensurirten Flötenstimme) und wohl auch bei Harmonica angewendet, während das Cornett, alle kleinen Nebenstimmen, Quintaten und Rohrflöte, so wie alle klein Gedacte und konisch geformten Stimmen aus Metall gemacht werden.

Nachdem wir alle Einflüsse kennen gelernt haben, welche die Klangfarbe der Register bedingen, ordnen sich diese von selbst in gewisse Gruppen, deren Angehörige alle einen gewissen Verwandtschaftscharacter an sich tragen.

Den Labialpfeifen bleibt in jeder Orgel die Hauptrolle zugewiesen, sie liefern immer die Hauptklangmasse; und zwar treten unter ihnen als Grundlage des Orgeltons die gerade darum sogenannten Principalstimmen hervor, mit cylindrischen oder prismatischen Röhren von weiter Mensur und reichlichem Luftzufluß. Sie allein repräsentiren schon den ganzen Tonumfang der Orgel von 9 Octaven; die Pedalprincipale werden von Holz, die Manual-

principale, welche fast immer im Prospect aufgestellt werden, von reinem Zinn ausgeführt und nach der Größe der Letzteren ist es üblich, das ganze Orgelwerk zu benennen. Es heißt ein 16fußiges Werk, wenn die größte Principalpfeife auf C des Manuals im 16 Fußton klingt. Der Ton des Principals ist ein voller, kräftiger Flötenton.

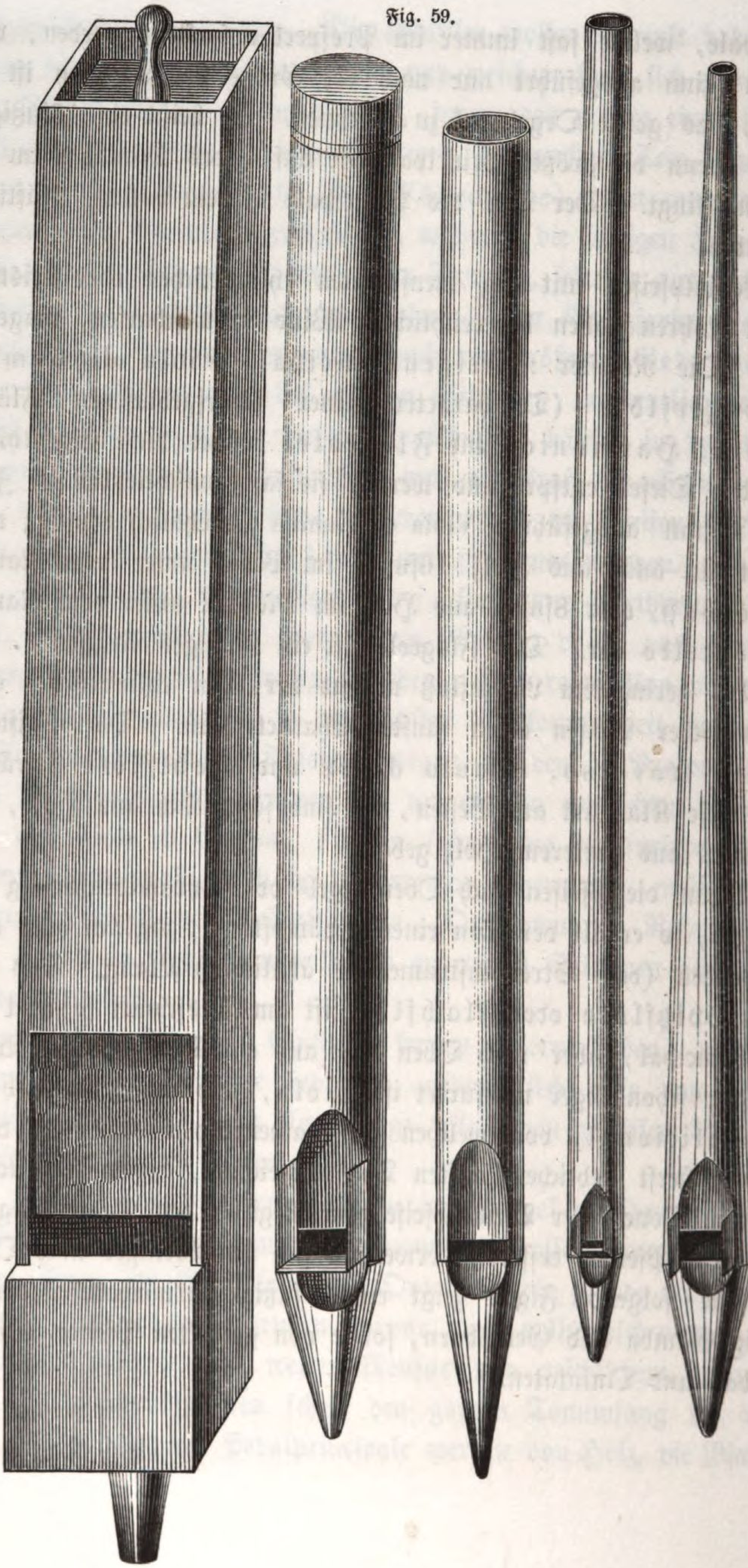
Labialpfeifen mit eng mensurirten cylindrischen oder prismatischen Röhren haben bei reichlichem Wind einen scharfen, mageren Ton. Die Register: Geigenprincipal, Viola di Gamba, Schweizerflöte (Toncharacter einer scharfgeblasenen Flöte), Fugara, Harmonica und Flageolet besitzen diese Eigenthümlichkeit. Dieser entsprechend werden sie fast ausschließlich in Zinn oder Metall ausgeführt; Viola di Gamba gewöhnlich 8fußig; doch kommt sie auch aus Holz 16fußig im Pedal unter dem Namen Violonbaß, oder 8fußig aus Holz im Manual unter dem Namen Violoncello vor. Das Flageolet ist ein 2fußiges Register.

Bei geringerem Luftzufluß nimmt der Ton cylindrischer oder prismatischer Pfeifen einen sanften Character an. Die Register: Flauto traverso, Flauto dolce und Hohlflöte repräsentiren diese Klangart am Besten, sie sind sämmtlich aus Holz, die Querflöte aus härterem Holz gebaut.

Wenn die Pfeifen nach Oben kegel- oder pyramidenförmig sich verengen, so erhält der Ton einen gedämpfteren, zugleich aber auch streichenden (den Streichinstrumenten ähnlichen) Klang. Das Register Spitzflöte oder Flachflöte ist am Ausschnitt so weit wie das Principal, aber nach Oben bis auf ein Drittel dieser Weite verengt; schon enger mensurirt ist Viola, noch enger Gemshorn und Salicional, von welchen sich namentlich das Letztere durch seinen äußerst lieblichen sanften Ton auszeichnet, dessen Aehnlichkeit mit dem Tone einer Weidenpfeife dem Register den Namen gegeben hat. Die Pfeifen desselben erweitern sich um Weniges nach Oben.

Die folgende Figur zeigt eine 8fußige Principalpfeife neben 8fußig Gamba und Gemshorn, sowie von gedackten Pfeifen 16fußig Subbaß und Quintaten.

Fig. 59.



Die Mensur von Quintaten würde für eine offene Pfeife als weit gelten; für das gedackte Register ist sie eng genug, um das Ueberschlagen in die Quinte der Octave deutlich hören zu lassen, welches durch den niedrigen Ausschnitt und stärkeren Luftzufluß noch mehr begünstigt wird. Auch das gedackte Register Nachthorn läßt die Duodecime hornartig mithören, obgleich es weit mensurirt ist und nur mäßigen Wind hat. Bei ihm bringt der niedrige Aufschnitt allein das Ueberblasen hervor.

Die gedackten Register mit hohem Aufschnitte, welche also nur den Grundton hören lassen, gehören fast ausschließlich den tieferen Lagen an und sind darum aus Holz ausgeführt. So der Untersatz, eine weit mensurirte Pedalstimme von 32 Fußton, sowie der Subbaß und Bourdon, beide 16fußig, der erstere für das Pedal, der zweite für das Manual bestimmt. Die 8fußig gedackten heißen Starkgedackt und Lieblichgedackt, je nachdem sie weitere oder engere Mensur haben; und jedem derselben entspricht ein Kleingedackt, in Metall ausgeführt. Manchen gedackten Registern hat man in den höheren Octaven Röhrchen in den Deckel der Pfeife eingesetzt, um den allzu dumpfen Klang etwas heller zu färben; sie führen den Namen Rohrflöten.

Zu den genannten Grundstimmen finden sich in manchen Orgeln noch Nebenstimmen, welche auf der Taste C nicht diesen Ton, oder eine seiner Octaven, sondern die Quinte g, oder die Terz e_1 hören lassen. Zum Principal von 16 Fußton gehört also eine Quintenstimme von $5\frac{1}{3}$ und eine Terzenstimme von $3\frac{1}{5}$ Fußton; zu einem Principal von 8 Fußton Nebenstimmen von $2\frac{2}{3}$ und $1\frac{3}{5}$ Fußton. Offenbar sind diese Nebenstimmen aus einer Scheidung der ursprünglich auf den Orgeln allein vorhandenen gemischten Stimmen hervorgegangen.

Diese letzteren bilden aber noch bis auf den heutigen Tag eine Streitfrage des Orgelbaues, da die ersten Anfangsgründe der Harmonielehre den Theoretiker bestimmen müssen, eine Einrichtung zu verwerfen, bei welcher die mit jedem Grundtone mitklingenden höheren Quinten und Terzen abschreckende Dissonanzen in jedes Harmoniegewebe bringen müssen, während Orgelbauer und Organisten sich fast einmüthig für die Beibehaltung der Mixturen aussprechen,

welche auch wohl bis jetzt noch auf keiner Kirchenorgel fehlen. Unter den gebräuchlichen gemischten Stimmen ist Cornett, von weiterer Mensur als die Principalpfeifen, und, wenn es vollständig ausgeführt ist, aus 5 Parallelstimmen bestehend, deren Schwingungszahlen sich wie 1 : 2 : 3 : 4 : 5 verhalten; im 8 Fußton enthält es also die Töne

C	c	g	c_1	e_1
Cis	cis	gis	cis_1	f_1
D	d	a	d_1	fis_1
.	.	.	.	.
c	c_1	g_1	c_2	e_2

Bei der Menge von Pfeifen und der weiten Mensur verschluckt dieses Register eine so große Menge Wind, daß man es gewöhnlich vorzieht, die erste oder die beiden ersten Tonreihen in den tieferen Octaven wegzulassen. Scharff und Cymbel sind gemischte Stimmen, deren erste nothwendig eine Terz, die letztere gerade im Gegentheil keine Terz, sondern entweder nur Octaven, oder Octaven und Quinten enthält. Das Register, welches vorzugsweise den Namen Mixtur führt, ist die gebräuchlichste der gemischten Stimmen; es besteht nur aus Quinten und Octaven in 3 bis 6 Reihen, so daß nach jeder Octave eine größere Pfeifenreihe eintritt und eine kleinere dagegen wegbleibt, also z. B.

zur Taste C die Töne	g	c_1	g_1	c_2	g_2	c_3
Cis	gis	cis_1	gis_1	cis_2	gis_2	cis_3
.	.	.	.	.	.	.
c	c_1	g_1	c_2	g_2	c_3	g_3
cis	cis_1	gis_1	cis_2	gis_2	cis_3	gis_3
.	.	.	.	.	.	.
c_1	g_1	c_2	g_2	c_3	g_3	c_4
.	.	.	.	.	.	.
c_3	g_2	c_3	g_3	c_4	g_4	c_5

Die höchste Pfeife, welche hierbei in Anwendung kommt, hat nicht ganz anderthalb Zoll Länge. Alle sind weit mensurirt, und auf hellen starken Klang intonirt, da die gemischten Stimmen einmal anerkanntermaßen die Bestimmung haben, Lärm zu machen. Daß man bei der heutigen Ausbildung unseres musikalischen Gehöres ein Mixturregister allein nicht mehr anhören könne, wie man

es bis ins 13. Jahrhundert vermochte, bezweifelt Niemand; aber als „Füllstimmen“ werden jene Register noch von den anerkanntesten Musikern, welchen man ein feines Gehör nicht absprechen kann, in Schutz genommen Man scheint das Scharfe, Eindringliche, welches die hell schreienden Mixturpfeifen der übrigen Klangmasse der Orgel zusetzen, zu welchen sie sich verhalten, wie das Gewürz zur Speise, nicht entbehren zu wollen. Der Versuch mit einer größeren Anzahl hoher Octavpfeifen allein, ohne die alle Harmonie vernichtenden Quinten und Terzen, scheint noch nicht gemacht zu sein. Vielleicht würde man dadurch die widersprechenden Interessen auszugleichen vermögen.

Unter den Zungenwerken ist namentlich das Register Posaune, welches in 32 und 16 Fußton als Pedalstimme ausgeführt wird, von Werth, wegen seines glänzenden markigen Basses, welcher eine weit kräftigere Grundlage der Harmonieen abgiebt, als die dumpftönenden Gedackten. Die aufschlagenden Zungen der älteren Werke machen jetzt immer mehr den reiner tönenden durchschlagenden Platz. Die Schallbecher sind von Holz, nach Oben sich erweiternd und nicht ganz anderthalbmal so lang, als die gedackten Register der nämlichen Tonhöhe, so daß die schwingende Luftsäule etwas mehr als eine Viertelwelle repräsentirt. Die Trompete ist der Posaune ganz ähnlich in 8 Fußton ausgeführt, in demselben Ton stimmt das Register Oboe, allein seine Aufsätze sind cylindrisch und von enger Mensur, daher sein Klang schwächer und weniger schmetternd. Die Figur 60 giebt ein Bild der eben erwähnten Formen.

Daneben ist eine Abbildung dreier verschiedener Formen eines sehr verbreiteten Registers, der Vox humana, gegeben, welches jedoch mit der Menschenstimme, die sie vorstellen sollte, kaum mehr Aehnlichkeit hat, als andere Zungenwerke. Das Register wird, um gleiche Tonlage mit der menschlichen Stimme zu haben, immer in 8 Fußton ausgeführt. Die abgebildeten 4fußigen Pfeifen entsprechen der Taste c. Ein Zungenregister mit Aufsätzen, aus zwei ungleich großen, mit ihren weiteren Theilen aneinander gelötheten Kegeln, ähnlich der dritten Gestalt der Vox humana, kommt auch im 16 und 8 Fußton unter dem Namen Fagott vor.

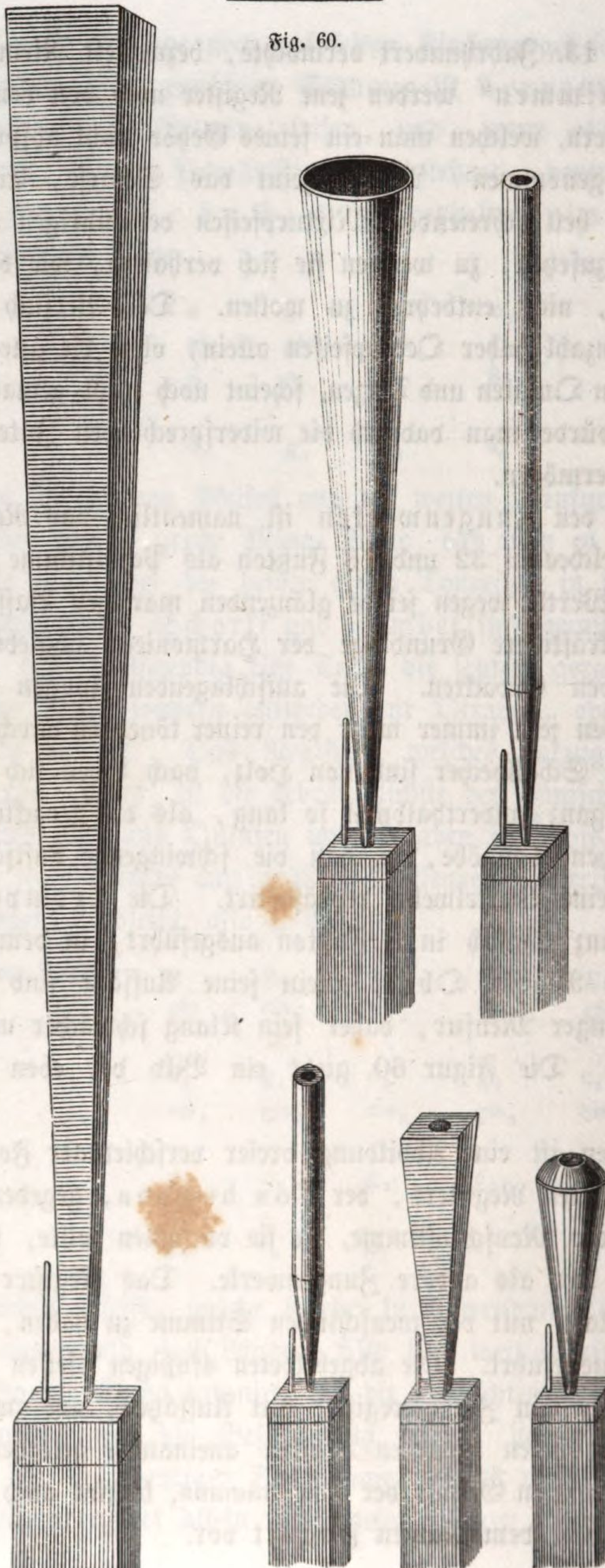


Fig. 60.

Einige Künstler haben Zungenregister ohne Aufsätze, wie sie in der Aeoline und Physharmonica angewendet sind, auch in die Orgel verlegt. Es sind die tieferen Lagen der Bässe durch Beschwerung der Zungen mit kleinen Bleigewichten herausgebracht. Da bei höherer Temperatur die Stimmung dieser Zungenwerke tiefer, die der Labialpfeifen aber höher wird, so kann eine vollkommene Uebereinstimmung nur bei dem Wärmegrad stattfinden, bei welchem die verschiedenen Register aufeinander abgestimmt wurden.

Die Längen der offenen Labialpfeifen giebt die Theorie in erster Annäherung zu einer Halbwelle, die der gedackten Pfeifen zu einer Viertelwelle des betreffenden Tones; danach könnte man diese Längen aus der Tabelle der Seite 138 unmittelbar entnehmen. Da indessen die schwingende Luftsäule bei offenen Pfeifen nach beiden Seiten hin, bei gedackten wenigstens am Aufschnitte sich über die Grenzen des Pfeifenkörpers selbst ausdehnt, so müssen namentlich die ersteren, damit die Pfeifen nicht nur unter sich, sondern auch mit andern musikalischen Instrumenten stimmen, um ein Beträchtliches verkürzt werden. Bei weit mensurirten Pfeifen beträgt die Verkürzung ungefähr $\frac{1}{8}$ der Länge, so daß die Pfeife für C anstatt 96 nur 85 Par. Zoll lang ist. Je enger die Mensur der Pfeifen, je weiter dagegen der Aufschnitt ist, desto mehr nähern sie sich der theoretischen Länge; darum beträgt auch die Abweichung von diesem Maße bei den hohen Pfeifen verhältnißmäßig mehr als bei den tieferen, da man in einem nämlichen Register unmöglich gleiches Verhältniß des Querschnittes zur Länge durch alle Octaven beibehalteu kann, ohne entweder in der Tiefe zu unförmlich weite, oder in der Höhe zu enge Pfeifen zu erhalten. Gesetzt man nähme das Verhältniß 1 : 16 als Grundlage der Mensur in der großen Octave des Principals, so daß auf eine Pfeife von 96 Zoll Länge 6 Zoll Weite kämen, so würde im Verhältniß fortschreitend C_{-2} einen Querschnitt von 2 Pariser Fuß Seite erhalten, während das Pfeifchen für c_5 kaum mehr als 1 Linie Durchmesser hätte. Der Querschnitt der Pfeifen nähme bei dem Uebergange von einem Tone zur tieferen Octave auf das Vierfache, und zur unteren Doppeloctave auf das Sechzehnfache zu. Der Wind für solche Riesenkörper wäre nicht zu beschaffen nnd zudem entspräche einer solchen mathematisch gleichen

Mensur keineswegs eine durch das ganze Register gleiche Klangfarbe. Ein unterrichteter Künstler und Theoretiker*) im Orgelbau fand, daß man eine musikalisch gleichmäßige Mensur erziele, wenn man von einem Ton zur unteren Doppeloctave den Pfeifenquerschnitt nur auf das Achtfache anstatt auf das Sechzehnfache wachsen lasse und auf dieser Grundlage die Mensuren auch der übrigen Pfeifen nach einem einfachen geometrischen Gesetze berechne. Die Aufschnitte aber sollen bei einem solchen Register stets in gleichem Verhältniß zu dem Querschnitte stehen. Der nämliche Künstler hat ermittelt, daß die Luftmengen, welche man den Pfeifen zuführt, wenn das Register in allen seinen Tönen in gleicher Kraft und Präcision ansprechen soll, sich wie die Querschnitte oder auch die Flächen der Aufschnitte und umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Längen verhalten müssen. Berücksichtigt man hierbei die oben festgestellte Mensur, so ergiebt sich, daß die den Pfeifen zuströmenden Luftmengen einfach im Verhältniß der Pfeifenlängen stehen.

Die letzte genauere Abstimmung können die Orgelpfeifen erst nach ihrer Aufstellung im Orgelwerke selbst erhalten, da die Umgebung, namentlich in der Nähe des Aufschnittes, sowie das Ueberragen längerer Pfeifen nicht ohne Einfluß auf die Tonhöhe ist. In der Auswahl und Gruppirung der Register, sowie in ihrer Aufstellung bewährt sich der Geschmack und das Talent des Orgelbauers. Um aber auch, nachdem die Vertheilung der Register auf verschiedene Windladen mit ihren zugehörigen Manual- oder Pedalclaviaturen geschehen ist, dem ausführenden Künstler die Möglichkeit zu geben, Register aus verschiedenen Gruppen zusammen zu benutzen, dienen die sogenannten Koppelungen, Mechanismen, welche gestatten, mehre Claviaturen, Manuale unter sich oder mit Pedalen, so in Verbindung zu setzen, daß bei dem Spielen der einen, die entsprechenden Tasten der anderen ohne Weiteres mitbewegt werden. Es erklingen dann die gezogenen Register von zwei oder drei Windladen, je nachdem man eine einfache oder doppelte Koppelung angewendet hat.

Im 17. und 18. Jahrhundert verwendete man, während der innere Orgelbau sich vervollkommnete, zugleich immer steigenden

*) Die Orgel, Handbuch von J. G. Töpfer, Erfurt 1843.

Luxus und Pracht auf die äußere Ausschmückung. Man legte prachtvolle Prospectfronten mit vergoldetem Schnitzwerk und kunstvollen Figuren an, in welchen die Pfeifen in Feldern und Thürmen vertheilt waren. Schon hierin lag eine Beeinträchtigung der inneren Güte des Instrumentes; die langen windführenden Canäle (Conducten), welche nach den einzelnen Gallerieen und Thürmen hingeleitet werden mußten, gaben Veranlassung zu Verlusten an Kraft und an Wind und verursachten ein verspätetes Ansprechen der Pfeifen. Der Abt **Vogler** gab darum im Beginne des 19. Jahrhunderts durch sein „Simplificationssystem" zu einer sehr heilsamen Reaction Veranlassung. Er verwarf allen äußeren Zierrath und alle Prachtentfaltung durch glänzende Prospectpfeifen und drängte sämmtliche Register auf einen unglaublich engen Raum zusammen, wodurch die Windführung allerdings in hohem Grade vereinfacht wurde. Wenn das Vogler'sche System auch nicht in seiner ganzen Consequenz Eingang gefunden hat, weil es der geschmackvollen Aufstellung alles Recht entzog, und die allzudichte Häufung der Pfeifen der vollen Entwickelung ihrer Klangfülle im Wege steht, so wird man doch niemals wieder zu dem abgeschmackten Zierrath und Beiwerk zurückkehren, mit welchem man in den beiden vorhergehenden Jahrhunderten der Würde des herrlichen Instrumentes Eintrag gethan hatte. Man hatte das Zwitschern der Vögel, die Stimme des Kuckuks, den Ton der Trommel nachgeahmt, Adler in die Fronte gesetzt, welche die Flügel ausbreiteten, Engel, welche Trompeten an den Mund setzten oder die Pauke schlugen, Sonnen und Sterne, welche durch den Orgelwind getrieben, sich um ihre Axe drehten und kleine Glocken klingen machten. Alle diese Dinge sind verschwunden und dafür ist im Laufe des 19. Jahrhunderts die Orgel immer größerer innerer Vollendung entgegengeführt worden, durch solidere Construction der Pfeifen und namentlich durch richtige Bemessung der Windverhältnisse und vollkommeneren Bau der Bälge.

Zur Vergleichung mit jenen älteren Werken, über welche **Prätorius** uns berichtet hat, diene die folgende Beschreibung der Orgel der St. Paulskirche zu Frankfurt am Main, welche von **Walcker** aus Ludwigsburg erbaut und im Jahre 1833 vollendet wurde.

Erstes Manual.

1. Principal im Prospect	16 Fuß	13. Fugara	4 Fuß
2. Viola di Gamba major	16 „	14. Superoctav, zweifach	2 „
3. Tibia major offen	16 „	15. Waldflöte	2 „
4. Tuba aufschlagend	16 „	16 Kleine Octave	1 „
5. Manualuntersatz	32 „	17. Cornett, fünffach	$10\frac{2}{3}$ „
6. Octave	8 „	18. Mixtur, fünffach	2 „
7. Viola di Gamba	8 „	19. Scharf, vierfach	4 „
8. Gemshorn	8 „	20. Quint	$5\frac{1}{3}$ „
9. Jubalflöte (doppellabig)	8 „	21. Gemshornterz	$3\frac{1}{5}$ „
10. Trompete aufschlagend	8 „	22. Quint	$2\frac{1}{3}$ „
11. Octave	4 „	23. Terzdiscant	$1\frac{3}{5}$ „
12. Hohlpfeife	4 „		

Zweites Manual.

1. Principal im Prospect	8 Fuß	9. Octave	4 Fuß
2. Bordun	16 „	10. Flûte traverse	4 „
3. Salicional	8 „	11. Rohrflöte	4 „
4. Dolce	8 „	12. Octave	4 „
5. Quintaten	8 „	13. Quintflöte	$5\frac{1}{3}$ „
6. Gedackt	8 „	14. Gemshornquint	$2\frac{2}{3}$ „
7. Posaune, aufschlagend	8 „	15. Mixtur fünffach	2 „
8. Vox humana, einschlagend	8 „		

Drittes Manual.

1. Principal	8 Fuß	8. Hautbois	8 Fuß
2. Quintaten	16 „	9. Spitzflöte	4 „
3. Harmonica	8 „	10. Flûte d'amour	4 „
4. Bifara	8 „	11. Gedackt	4 „
5. Gedackt (doppellabig)	8 „	12. Dolcissimo	4 „
6. Hohlflöte	8 „	13. Flautino	2 „
7. Physharmonica	8 „	14. Nasard	$1\frac{2}{3}$ „

Erstes Pedal.

1. Principalbaß im Prospect	16 Fuß	9. Trompete	8 Fuß
2. Subbaß, offen	32 „	10. Clarine	4 „
3. Contrebaß, offen	32 „	11. Octave	4 „
4. Octavbaß	16 „	12. Cornettino	2 „
5. Violon	16 „	13. Quint	$10\frac{2}{3}$ „
6. Posaune, aufschlagend	16 „	14. Terz	$6\frac{2}{5}$ „
7. Octave	8 „	15. Quint	$5\frac{1}{3}$ „
8. Violoncello	8 „		

Zweites Pedal.

1. Subbaß	16 Fuß	5. Flöte	8 Fuß
2. Violon d'amour	16 "	6. Flöte	4 "
3. Fagott, einschlagend	16 "	7. Waldflöte	2 "
4. Principal im Prospect	8 "		

Es gehören zu dem Werk außer den 74 Registern mit etwa 4000 Pfeifen, drei Manualclaviere von C bis f_3, also zu 54 Tasten, zwei Pedale zu 27 Tasten von C bis d_1, zwölf Bälge von 14 Fuß Länge und 5 Fuß Breite; ferner Crescendofußtritte für jedes einschlagende Zungenwerk, fünf Koppelzüge, ferner ein Crescendofußtritt für einen Jalousieschweller, welcher die sämmtlichen Register des dritten Manuals umgiebt.

10. Die Blasinstrumente des Orchesters.

Blasinstrumente aus Holz.

Die Labialpfeife und die Zungenpfeife sind die Typen der unzähligen Arten von Blasinstrumenten, aus welchen sich die veredelteren Werkzeuge unseres heutigen Orchesters entwickelt haben. Bei allen wird die Luftsäule in gleicher oder doch in ähnlicher Weise in Erschütterung versetzt. Die Panspfeife, das Siao und das Cheng der Chinesen sind die einzigen zum Anblasen mit dem Mund bestimmten Tonwerkzeuge, in welchen jedem Ton eine besondere Pfeife entspricht. Solche Instumente können der Natur der Umstände nach weder bedeutende Tiefe, noch großen Umfang haben und bleiben dennoch unbequem zu handhaben. Eine Panspfeife aus dreizehn in zwei Reihen geordneten Röhren von vier bis acht Pariser Fuß Länge, wie sie d'Orbigny zu Yanacache in Bolivia im Gebrauch fand, und welche von mehren Personen vor dem Spieler hergetragen werden mußte, ist eine Ungeheuerlichkeit, welcher als Gegenstück die russische Hörnermusik dienen kann, eine Tonfabrik, in welcher die Theilung der Arbeit so weit gediehen ist, daß jeder mitwirkende Mann nur Eine Note bedeutet.

Die Erfindung des Mittels, mehre Töne aus Einem Rohr zu locken, liegt jenseits der geschichtlichen Grenzen. Diodor sagt, der Phrygier Marsyas habe die sieben Töne der Syrinx auf zwei Flöten übertragen; allein die Aegypter, Inder, Chinesen bedienten sich, so gut wie die Griechen und Römer, seit den ältesten Zeiten der Pfeifen mit Seitenlöchern, und auch jetzt findet der Reisende bei

allen wilden Völkern der Erde, bei den Westindianern Nordamerikas sowohl, wie bei den Negern des inneren Africas ähnliche Instrumente im Gebrauche. Nächst der Trommel ist die Pfeife das verbreitetste Tonwerkzeug; das Schilfrohr, der Bambus, die hohlen Hörner und Schenkelknochen der Thiere boten sich überall ihrer Erfindung dar.

Auf der griechischen Flöte machte man von den harmonischen Obertönen keinen Gebrauch; das auf antiken Kunstwerken am Häufigsten abgebildete Instrument enthielt, nach seiner Länge zu urtheilen, die Töne von a bis a_1, von der Mese bis zur Nete hyperboleon und konnte als Begleiterin der Elegie mit dem Tenorgesang im Einklang, mit der Baßstimme in der höheren Octave gehen. Seine Berechtigung zur Preisbewerbung bei den pythischen Spielen dauerte nur kurze Zeit; man fand es sammt der Elegie zu traurig für jene Feste. Wenn man an die gebräuchliche Doppelflöte denkt, deren jeder Arm nur drei Tonlöcher hatte, so sieht man ein, daß Halbtöne nicht rein zu blasen waren und der Jammer, welchen die Flöte erregte, traf vielleicht mehr die Ohren, als das Herz. — Obgleich Horn und Trompete sowohl in ursprünglicher roher Form, wo man auf Muscheln oder Thierhörnern blies, als später, wo man sie bereits aus Erz zu verfertigen verstand, mehr zu Rufen bei Jagd und Krieg, denn zu musikalischer Aufführung diente, so ist es doch nicht denkbar, daß beim Gebrauche die Möglichkeit höherer Töne, derjenigen nämlich, welche nach unserer Ausdrucksweise die harmonische Oberreihe ausmachen, der Beobachtung entgangen sei.

Die Chinesen bedienten sich vor mehren Jahrhunderten einer Flöte mit Namen Yo, mit nur 3 Tonlöchern. Da ihre ältere Tonreihe schon unsere diatonische Tonfolge mit Ausnahme der Quarte und Septime, die spätere Reihe aber unsere ganze Durtonleiter enthielt, so ist es wahrscheinlich, daß jene Pfeife nur vom ersten Oberton an gebräuchlich war. Gesetzt ihr tiefster Ton war c, die drei Löcher gaben d, e und f, so fiel in die erste und zweite Oberreihe die Tonfolge

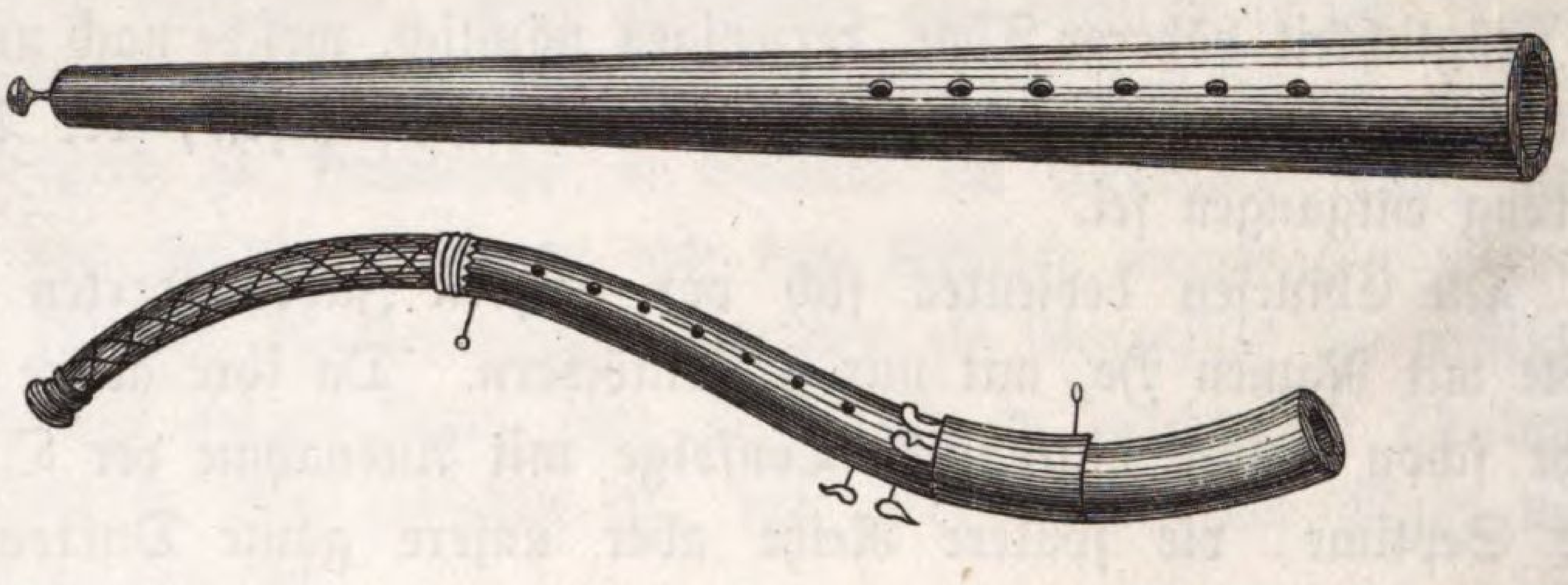
1				2			
c_1	d_1	e_1	f_1	g_1	a_1	h_1	c_2
0	1	2	3	0	1	2	3

also die vollständige Tonleiter.

Cassiodor führt als Blasinstrumente des 5. Jahrhunderts die Flöte, Schalmey, die Sackpfeife und die Panspfeife auf, welche sämmtlich bei den Griechen schon im Gebrauch waren. Isidor von Sevilla, ein Schriftsteller des 7. Jahrhunderts, weiß außerdem nur noch die von den Tyrrhenern erfundene Tuba zu nennen; Beide gedenken der Orgel nicht, wogegen Notker, Abt zu St. Gallen um die Mitte des 9. Jahrhunderts, bereits sorgfältige Angaben über die Mensur der Orgelpfeifen macht, ähnlich, wie wir sie von Huckbald früher anführten. Die Orgel blieb auch noch einige Jahrhunderte neben dem zur Einübung der Sänger gebräuchlichen Monochord, das einzige in der höheren Musik zugelassene Instrument. Die Sackpfeife und die Leyer und später die Geige waren in Deutschland und Frankreich in den Händen wandernder Musikanten. Wie die Cytheristen und Lautenisten, so hatten die sogenannten Stadtpfeifer oder Zinckenisten bis ins 16. Jahrhundert ihre besondere Notation, die sogenannte deutsche Tabulatur.

Die Zincke, welche sich heutzutage vielleicht noch hin und wieder in dem musikalischen Apparat eines Landstädtchens vorfindet, war einst ein sehr verbreitetes Instrument. Um sein Alter zu ehren, geben wir hier die beiden Formen, in welchen Sebastian Wirdung und Prätorius es abbilden.

Fig. 61. (Zincken.)



Die Zincken hatten theilweise wenigstens Rohrblattmundstücke, wie heutzutage Oboe und Fagott, ihr Ton war hell und schreiend, weßhalb sie denn auch als nothwendiger Bestandtheil der Thürmermusik erschienen.

Wirdung (1511) und Agricola (1545) führen als Blasinstrumente zunächst Flöten auf (für Discant, Alt, Tenor und Baß), welche beim Anblasen gerade in den Mund gehalten wurden, wie

die gewöhnliche griechische Flöte, und deren Mundstück ähnlich demjenigen der Orgelpfeifen beschaffen ist. Sie haben sämmtlich sechs Tonlöcher für die Mittelfinger beider Hände, eines für den Daumen der linken Hand und zwei nebeneinander liegende für den kleinen Finger der rechten Hand. Bei der Baßpfeife waren die letzteren indessen nur mit Klappen zu erreichen. Man spielte auf diesen Pfeifen die Tonleiter c, d, e, f, g, a, b, h, c_1, und zwar gab die Baßpfeife als tiefsten Ton f, die Tenor- und Altpfeife c_1, die Discantpfeife g_1.

Querflöten, welche nach der heute üblichen Weise angeblasen wurden, führen Wirdung und Agricola unter dem Namen „Schweitzer Peiffen" an. Dieser Name, sowie die französische Benennung „flûte allemande" deuten zwar auf einen modernen Ursprung. Doch scheint es, daß ein ähnliches Instrument auch im Alterthum gebräuchlich war, da die Echo auf einem Pompejanischen Wandgemälde die Querflöte blasend dargestellt wird *). Die Querflöten Wirdung's und Agricola's, welche von den in der Soldatenmusik gebräuchlichen Querpfeifen abzuleiten sind, haben sämmtlich nur sechs Tonlöcher. Die Discantflöte ging von d_1, die Alt- und Tenorflöte von g, die Baßflöte von d durch zwei Octaven. Durch die Vorschrift „blas linder" und „blas stercker" giebt Agricola den für die beiden Octaven verschiedenen Ansatz an.

Ein eben so altes als unvollkommenes Blasinstrument war der Schwegel **), eine gerade Pfeife mit nur drei Tonlöchern ganz am Ende. Auch die Rußpfeiff, das Gemsenhorn, welches am weiteren Ende angeblasen wurde und das Platerspil konnten keinen großen musikalischen Werth haben. Die Zincken, die Schalmey und der Bomhart (Pommer) hatten Seitenlöcher, ähnlich vertheilt, wie bei den Flöten, aber Rohrblattmundstücke wie jetzt Oboe und Fagott. Diese Rohrblätter wurden jedoch nicht unmittelbar mit den Lippen angefaßt, sondern saßen in einer kesselförmigen Ver-

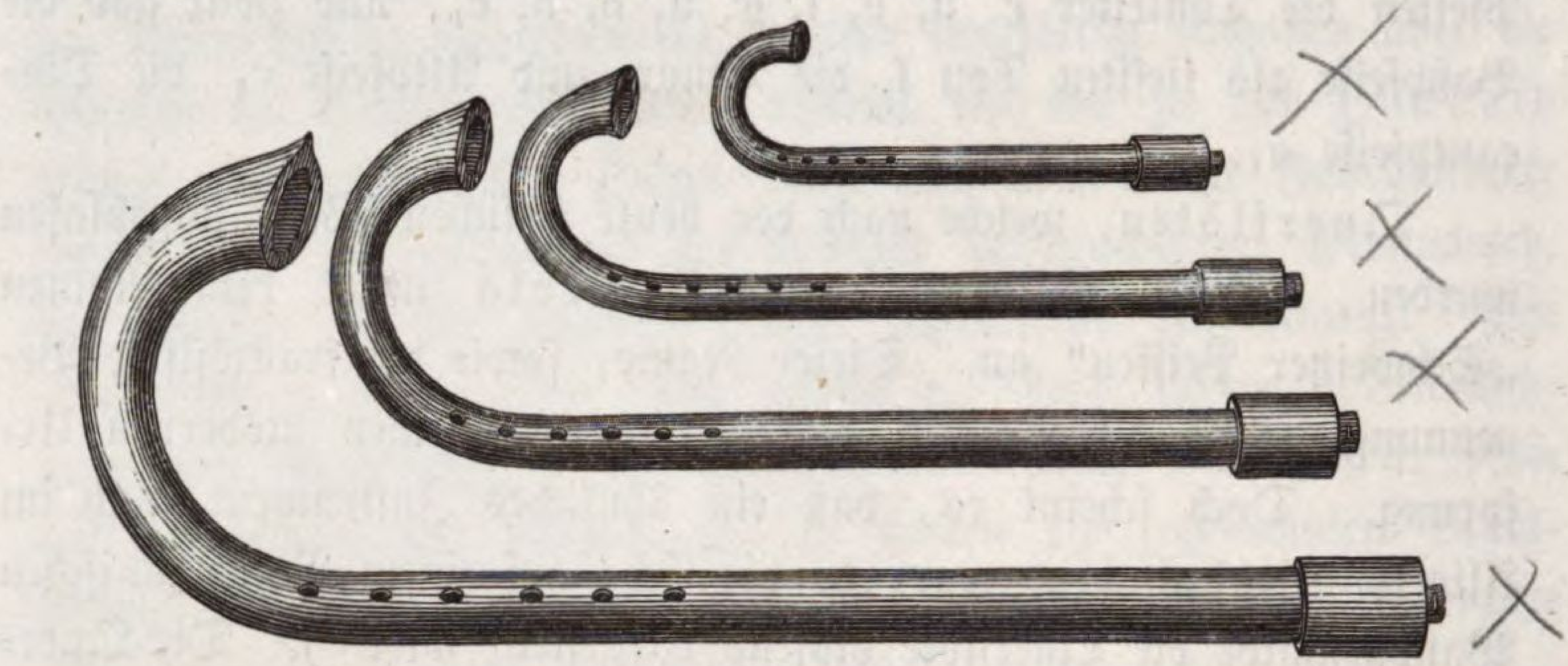
---

*) Peitho, von Otto Jahn, Seite 15, Anmerk. 65. Auch sagt Plinius, histor. nat. VII, 56 u. 57: obliquam tibiam Midas invenit.

**) Vergl. die Stelle aus Otfried's Evangelienharmonie, oben Seite 43 wo suegala offenbar dasselbe Wort ist wie Schwegel.

tiefung, welche beim Anblasen mit dem Mund verschlossen wurde, wie die Mundstücke der Trompeten und Posaunen. Aehnliche Mundstücke, aber Seitenlöcher, wie die „Schweitzerpeiffen", hatten die jetzt ganz außer Gebrauch gekommenen Krombhörner, deren anspruchslose Abbildung nach Wirdung wir hier wiederholen.

Fig. 62. (Krombhörner.)



Die Blechinstrumente Wirdung's, das Türmerhorn, die Clareta, die Felt-Trummet und die Busaun (Posaune) waren ebenfalls noch primitiver Art, ohne Seitenlöcher; bei der Posaune nur ein einröhriger Auszug. Die drei ersteren Instrumente sind unsrer Trompete am Nächsten verwandt, und es hat die Felt-Trummet ein fast doppelt so weites Rohr, als die beiden anderen, ohne Zweifel um ihr die für ihren Zweck wünschenswerthe Tonfülle zu geben. Agricola sagt von diesen „gros Peiffen":

Etlich aber haben der löcher keins
Nur allein oben und unten eins*)
Auff diesem wird die melodey allein
Durchs blasen und ziehen geführet rein
Als sein Busaun, Trummeten und Claret
Wie es hie volgend gemalet steht.

Die Kunst, Metallröhren vielfach zu winden, verstand man bereits im Beginn des 16. Jahrhunderts, wie das von Wirdung abgebildete Jägerhorn, Fig. 63, beweist. -- Schließlich vergessen die beiden genannten Schriftsteller auch der Sackpfeife nicht. Sie

*) Mundstück und Schallloch.

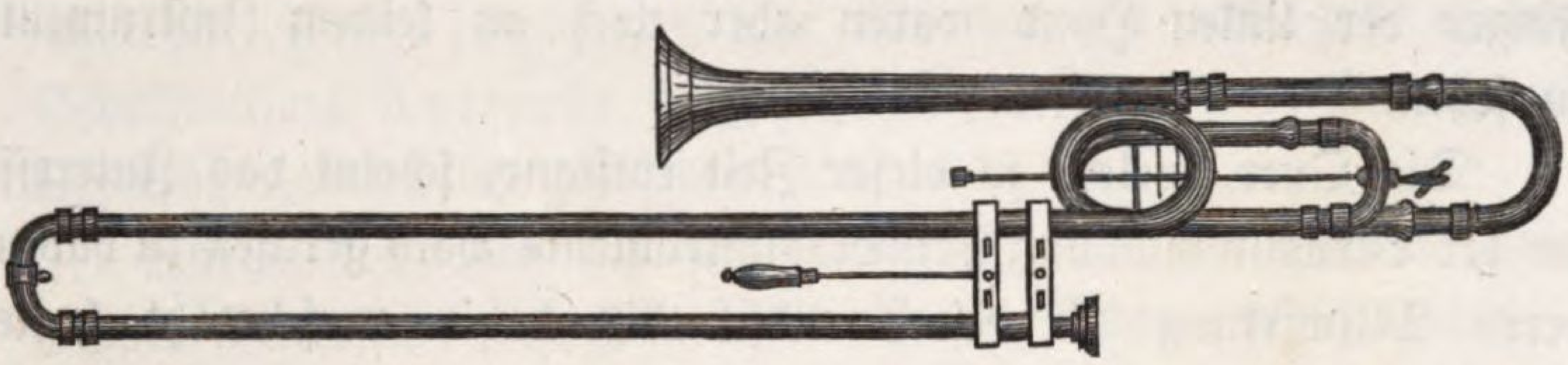
Fig. 63.
(Jägerhorn.)



war mit einem Anblaserohr, mit einer Spielröhre mit 6 Tonlöchern und mit zwei Röhren für Baßtöne versehen.

In den 70 Jahren von Agricola bis Prätorius machte der Bau der Blechinstrumente bedeutende Fortschritte, wie die folgende, im Syntagma musicum abgebildete Posaune beweist, es müßte denn sein, daß dem Herrn Pfarrer zu Basel oder dem armen Schulmeister in Magdeburg die besseren Instrumente ihrer Zeit nicht zu Gebote gestanden.

Fig. 64. (Posaune.)



Die Methode, durch Einsätze, oder sogenannte Krummbügel, die Stimmung des Instrumentes um einen Ton zu ändern, deren Erfindung andere Geschichtschreiber hundert Jahre später setzen, wird schon von Prätorius angegeben. In geringerem Grade war die Ausbildung der Blasinstrumente aus Holz gediehen; die Pfeifen und Querflöten waren noch ganz im früheren Zustande, die ersteren von 4 Zoll bis 64 Zoll Länge, also vom höchsten Discant bis zum tiefsten Baß im Gebrauche. Dagegen war der Erfindungsgeist vorzugsweise auf das Ersinnen neuer Formen gerichtet, welche namentlich in der Familie der Rohrblattinstrumente sich zahlreich entwickelten. Die Pommer wurden bei großer Tiefe zu lang, daher schon 1539 ein italienischer Künstler das Instrument umbog und in ein Bündel (fagotto) zusammenpackte. Das Fagott wurde zu Prätorius Zeiten in allen Tonlagen von Discant bis zum Baß ausgeführt und über das Contrafagott sagt der genannte Schriftsteller: „Es ist itzo der Meister, welcher die Octavposaune gemacht, im

Werck, einen großen Fagottcontra, welcher noch ein Quart unter dem Doppelfagott und also ein Octav unterm Chorist Fagott, das C von sechszehn Fußton geben sol, zu verfertigen; gereth es ihm, so wirds ein herrlich Instrument werden, dergleichen hie bevor nicht gesehen und sich wohl drüber zu verwundern seyn wird. Die zeit wirds geben."

In den Ranketten oder Racketten, war die Röhre sogar neunmal umgebogen, das Ganze von einem einzigen cylindrischen Behälter umschlossen. Das Rohrblattmundstück saß in einer trichterförmigen Vertiefung. Die Pommer, Sordunen, Bassanelli, Schryari, Krombhörner, Schalmeyen, gehörten alle zu der nämlichen Familie. Die Zahl der Tonlöcher war bei manchen auf 10 gestiegen; hier und da hatte sich auch eine Klappe eingefunden; mehr als drei, für die beiden Daumen und für den kleinen Finger der linken Hand waren aber noch an keinem Instrumente zu sehen.

Die Oper, welche zu dieser Zeit entstand, scheint das Interesse an der Vervollkommnung der Blasinstrumente wach gerufen zu haben, deren Mitwirkung die Kirchenmusik bis dahin verschmäht hatte. Monteverde's Orchester zählte, obgleich noch der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts angehörig, bereits 33, theilweise Streich-, theilweise Blasinstrumente. Doch behaupteten die ersteren, ihres damals schon vollendeten Baues wegen, noch mehre Decennien fast die Alleinherrschaft des Orchesters und erst in das Ende des 17. und den Beginn des 18. Jahrhunderts, wo Lully in Frankreich die Instrumentalmusik hob, fallen die Erfindung der Clarinette, sowie die Einführung der Oboe in veredelter Form, wenn auch das letztere Instrument schon Prätorius (als die Schalmey der Engländer) dem Namen nach bekannt, und auch schon während des 17. Jahrhunderts in den Militärmusiken zur Führung der Melodie gebraucht worden war, sowie einige wesentliche Verbesserungen der Flöte, welche 1726 durch Quanz den beweglichen Pfropf und mehre Klappen erhielt. Alle diese Verbesserungen waren auf eine reinere Chromatik in den gebräuchlicheren Tonarten gerichtet und das Bedürfniß hiernach konnte nur mit den allmäligen Fortschritten der Musik selbst fühlbar werden. Gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts erst stellten

sich die Flöten, Oboen, Fagotte, die Hörner und Trompeten in den Orchestern den Streichinstrumenten ebenbürtig zur Seite und, was seit den Nomen der pythischen Spiele nicht mehr da gewesen, Virtuosen auf Blasinstrumenten traten auf. In Deutschland hatten schon zu Ende des 17. Jahrhunderts einzelne Meister des Flötenspiels Aufmerksamkeit erregt. Die herrlichen Compositionen Gluck's und Mozart's mußten den Instrumentenmachern, wie den ausübenden Künstlern, zum mächtigsten Sporn dienen; dennoch gelang es erst im 19. Jahrhundert, die Blasinstrumente aller Gattungen soweit zu veredeln, daß sie jeder Tonart mit fast gleicher Leichtigkeit sich bieten und ihre Töne in der gleichschwebenden Temperatur gestimmt sind. Erst in dieser vollkommeneren Form sind sie würdige Organe der Seelensprache geworden, in welcher Beethoven's Instrumentalcompositionen zu uns reden. Mit den Instrumenten unseres ehrwürdigen Prätorius oder gar Wirdung's und des ehrsamen Schulmeisters Agricola ausgeführt würde, uns jene Sprache nimmermehr verständlich geworden sein.

Indem wir uns zur akustischen Analyse der Blasinstrumente unserer Orchester, der Flöte, Clarinette, Oboe, des Fagott's, der Trompete, des Horns, der Posaune, sowie einiger Baßinstrumente, des Serpent, der Ophikleide, des Bombardons und der Baßtuba wenden, stellen wir einige allgemeine Gesichtspunkte voran, welche in diesem Gebiete zu orientiren geeignet sind.

Vor Allem wird der Character eines Blasinstrumentes durch die Art bedingt, wie die Luftsäule in ihm schwingt, ob nach den Gesetzen wie in einer offenen oder wie in einer gedeckten Pfeife. Wenn für die Flöte der Bau selbst schon diese Frage beantwortet, so ist dieß nicht in gleicher Entschiedenheit bei den übrigen Instrumenten, deren eines Ende ganz in den Mund genommen wird, der Fall, am Wenigsten bei der Clarinette, der Oboe und dem Fagott, in welchen das Rohrblattmundstück nur eine enge Spalte offen läßt. Zweifellos entscheidet sich die Frage durch die Natur der harmonischen Oberreihe. Treten bei dem Ueberblasen zunächst die Octave, dann die Quinte der Octave, kurz die Töne auf, deren Schwingungsmengen im Verhältniß der Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 . . . zunehmen, so hat man es mit einer offenen Pfeife zu thun. Dieß ist

der Fall bei der Flöte, der Oboe und dem Fagott. Auch bei allen Metallinstrumenten herrscht in der That das nämliche Gesetz, nur ist es bei den meisten ihres engen Baues wegen unmöglich, die eigentlichen Anfangstöne der Reihe zum Ansprechen zu bringen; nur bei dem weit gebauten Serpent, der Ophikleide und dem Bombardon gelingt dieß. Die Baßposaune ist nur vom ersten Oberton im Gebrauch, auch auf den Trompeten kann man denselben noch blasen, obgleich die gebräuchliche Tonreihe erst mit dem 2. oder 3. Oberton beginnt, ähnlich wie bei der Posaune von höherer Tonlage. Auf dem noch enger gebauten Horn ist es schwer, einen Ton unterhalb des zweiten Obertones, also das g, wenn das Horn in C steht, zu gewinnen.

Die Clarinette ist das einzige Blasinstrument unserer Orchester, welches beim Ueberblasen nicht octavirt, sondern sogleich in die Duodecime überspringt, so daß also die Schwingungsmengen der harmonischen Obertöne nach der Reihe 1, 3, 5, 7 . . einander folgen, wie in gedeckten Orgelpfeifen. Damit steht in nothwendiger Verbindung, daß eine Clarinette eine Octave tiefer klingt, als eine Flöte von gleicher Länge.

Der Leser wird sich erinnern, daß eine beiderseits offene cylindrische Röhre kürzer als die Halbwelle desjenigen Tones sein muß, welchen sie, als Pfeife angeblasen, geben soll, weil die schwingende Luftsäule unvermeidlich an beiden Enden übergreift. Die Verkürzung beträgt bei offenen cylindrischen Röhren etwa $\frac{5}{8}$, bei einerseits gedeckten etwa $\frac{5}{8}$ des Durchmessers, ist also ein um so kleinerer aliquoter Theil der ganzen Länge, je enger im Verhältniß zu dieser die Röhre gebaut ist. Die Bohrungen der Flöte, Oboe und Clarinette betragen im Mittel etwa 7 Par. Linien; demzufolge müßten die Röhren für eine bestimmte Tonhöhe bei den beiden ersteren Instrumenten um nicht ganz 5 Linien oder 0,4 Zoll, bei der Clarinette um nicht ganz 3 Linien oder $\frac{1}{4}$ Zoll kürzer genommen werden, als die Halbwelle des Tones; für d_1 z. B. müßte die Länge der Flöte 21 Zoll anstatt 21,4 Zoll, für c_1 müßte sie 23,6 Zoll anstatt 24 Zoll betragen. Bei dem Fagott käme, da seine mittlere Weite 10 Pariser Linien beträgt, auf eine Länge von 107,7 Zoll, nur eine Verkürzung von etwa 7 Linien. Noch unbedeutender ist die Cor-

rection der Länge bei den Blechinstrumenten, weil diese im Verhältniß zu ihrer Länge noch enger gebaut sind. In der That aber sind die Verkürzungen bei den meisten Blasinstrumenten viel bedeutender, als wir sie oben berechneten. Die Flöte mit c_1 Fuß z. B. hat eine Länge von 21,8 Par. Zoll, während wir 23,6 Zoll fanden. Das Fagott, welches B_{-1} als tiefsten Ton giebt, ist nur 93 Zoll lang, anstatt 107,1, wie wir nach den vorausgehenden Bestimmungen fanden. Bei der Flöte kommt dieser Unterschied theilweise auf Rechnung der theilweisen Deckung des oberen Röhrenendes, da die Fläche des Mundlochs zum Querschnitt der Bohrung an dieser Stelle sich etwa wie 3 : 7 verhält.

Man darf dabei nicht übersehen, daß die Ungleichheit der Stimmung in den verschiedenen Orchestern und Musikchören, Einfluß auf die Länge der Blasinstrumente äußern kann. Die Stimmung des Normal a_1, welche wir bei unseren Betrachtungen unveränderlich zu 440 Schwingungen angenommen haben, liegt wohl in allen Orchestern mit äußerst wenigen Ausnahmen zwischen 432 und 448 Schwingungen, bei den meisten und den hervorragendsten sogar sicher zwischen 436 und 444 Schwingungen. Es sind dieß also Abweichungen von unserem Normalton von 1 höchstens 2 Procent, und nur um ebensoviel kann die Länge der Blasinstrumente der Verschiedenheit der Stimmung wegen variiren. Bei 448 Schwingungen des Normaltones müßte die Länge der Flöte um $\frac{1}{2}$ Zoll, die des Fagottes um 2 Zoll kürzer werden als die für den Normalton von 440 Schwingungen berechnete Länge. Man sieht, daß auch dieser Umstand nicht genügt, die oben aufgeführten Abweichungen zu erklären.

Es würde übrigens auch ohnedieß einleuchten daß keines der genannten Instrumente, daß ebensowenig irgend eines der Blechinstrumente bezüglich der Schwingungen der Luft, mit einer beiderseits ganz freien cylindrischen Röhre verglichen werden kann. Bei der Flöte ist das Mundloch ohnehin schon bedeutend enger, als der Querschnitt der Bohrung, es wird aber beim Anblasen selbst durch die Lippen noch mehr gedeckt oder verengt. Das Rohrblattmundstück der Oboe und des Fagotts läßt den Schwingungen der Luftsäule nur eine sehr spärliche Verbindung mit der etwas verdichteten Luft in der Mundhöhle des Blasenden und durch diese mit der

umgebenden Atmosphäre. Der Effect der Deckung muß daher bei diesen Instrumenten noch weit bedeutender sein. Ein Gleiches gilt für die Blechinstrumente, in deren kessel- oder trichterförmigen Mundstücken die Lippen eine enge Spalte formiren, durch welche allein die schwingende Luftsäule nach der einen Seite hin mit der umgebenden Luft in Verbindung steht. Wenn man bedenkt, daß man in einer cylindrischen Orgelpfeife den Ton durch theilweises Decken der oberen Mündung leicht um eine kleine Terz erniedrigen kann, ohne zu viel an der Tonfülle zu verlieren, eine solche Erniedrigung aber erst durch eine Verkürzung der Röhre im Verhältniß von 6 : 5 oder von 17 Procent wieder ausgeglichen wird, so sieht man ein, daß die theilweisen Deckungen, welche bei unseren Blasinstrumenten unvermeidlich sind, mehr als hinreichen, um die Abweichungen der üblichen Mensuren von den Maßen einer elementaren Theorie zu erklären.

Nur die Länge der Clarinette muß offenbar mit dem unmittelbaren Ergebniß der Theorie sehr nahe übereinkommen, insofern am Mundstücke vollständige Deckung und in Folge davon Erniedrigung des Tones um eine Octave stattfindet, am andern Ende aber die schwingende Luftsäule ihrem vollen Querschnitte nach mit der umgebenden Luft in Verbindung steht. Für eine einfache Vergleichung der gebräuchlichen mit der theoretischen Länge tritt hier nur der Schallbecher hindernd in den Weg, dessen Hinzufügung die Tonhöhe des Rohres nur höchst unbedeutend zu ändern vermag, da die Luft im weiteren Theile des Trichters sich nicht anders an der stehenden Schwingungsbewegung betheiligt, als es auch noch nach Wegnahme des Schallbechers der Fall sein würde. Bekanntlich giebt die sogenannte B-Clarinette als tiefsten Ton, wenn alle Seitenlöcher und Klappen geschlossen sind, den Ton d, dessen Viertelwelle gleich 21,4 Zoll ist. Nimmt man den Schallbecher weg, so steigt die Tonhöhe nicht ganz um einen halben Ton. Nehmen wir nur $\frac{2}{3}$ dieser Tonstufe als Veränderung an, so entspricht dem tiefsten Tone der Clarinette ohne Schallbecher eine Viertelwelle von 20,6 Zoll. Die Correction wegen Uebergreifens der Luftsäule beträgt 0,25 Zoll, die wegen anderer Stimmung des Normaltones, zu 1 Procent angenommen, $\pm$ 0,2 Zoll; es bleibt somit eine theoretische Länge des Clarinettenrohres von

der Mitte des Rohrblattes an gemessen = 20,35 ± 0,2 Zoll. Die Messung an einer B-Clarinette ergab 20,4 Zoll.

Es ist dem Leser aus vorhergehenden Betrachtungen bekannt, daß man durch verschiedene Art des Anblasens aus einer beiderseits offenen Pfeife außer dem Grundton noch dessen Octave, die Quinte der Octave, die Doppeloctave, die Terz, Quinte und kleine Septime dieser Doppeloctave, die dritte Octave u. s. w. entlocken kann, indem gleichzeitig eine Anordnung der stehenden Schwingungen in 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, . . . Knotenräumen erfolgt. In sehr langen und engen, mehrfach hin- und hergebogenen oder vielfach gewundenen Röhren ist die Bildung jener Abtheilungen ungemein erleichtert, das Ansprechen des Grundtons, oder auch selbst der tieferen Aliquottöne dagegen in gleichem Maße erschwert. In weiter mensurirten geraden Röhren ist der Fall gerade der umgekehrte. Bei dem Fagott wendet man die Obertöne bis zum dritten, oder noch die dritte Ueberblasung an, bei der Oboe geht man bis zum fünften Obertone, bei der Flöte bis zur zweiten Oberoctave, also bis zur dritten Ueberblasung fort. Alle diese Instrumente werden von ihrem Grundtone an in der Musik gebraucht. Es bleibt daher zwischen diesem und dem ersten Obertone die Lücke einer ganzen Octave auszufüllen; dieß geschieht durch die Anwendung von Seitenlöchern.

Gesetzt man verkürze ein vollkommen cylindrisch gebohrtes, seitlich ganz geschlossenes Flötenrohr, dessen Mundloch zudem gleiche Weite mit der inneren Bohrung haben müßte, auf $\frac{8}{9}$ seiner Länge, so würde nunmehr der Ton um eine Secunde gestiegen sein. Denselben Erfolg hätte man, wenn man in $\frac{8}{9}$ der Länge eine seitliche Oeffnung von gleicher Weite wie die innere Bohrung anbrächte. Elf solcher Oeffnungen in den durch die Zahlen der gleichschwebenden Temperatur ausgedrückten Abständen vom Mundloch angebracht, gäben, wenn sie anfänglich etwa durch Klappen gedeckt, dann aber von Unten auf der Reihe nach geöffnet würden, die chromatische Tonleiter bis zur Octave des Grundtones. Es wäre unter diesen Umständen nicht nöthig, die weiter nach Unten gelegenen Klappen offen zu halten, da mit dem Oeffnen irgend einer Klappe die Röhre an dieser Stelle so gut wie abgeschnitten wäre. Die erste Ueberblasung bei Anwendung des nämlichen Fingersatzes (Applicatur)

gäbe die Töne der nächst höheren, die dritte Ueberblasung die nämliche Reihe in der dritten Octave, während man in der zweiten Ueberblasung die Duodecimen der ersten Tonreihe erhielte.

Fig. 65.



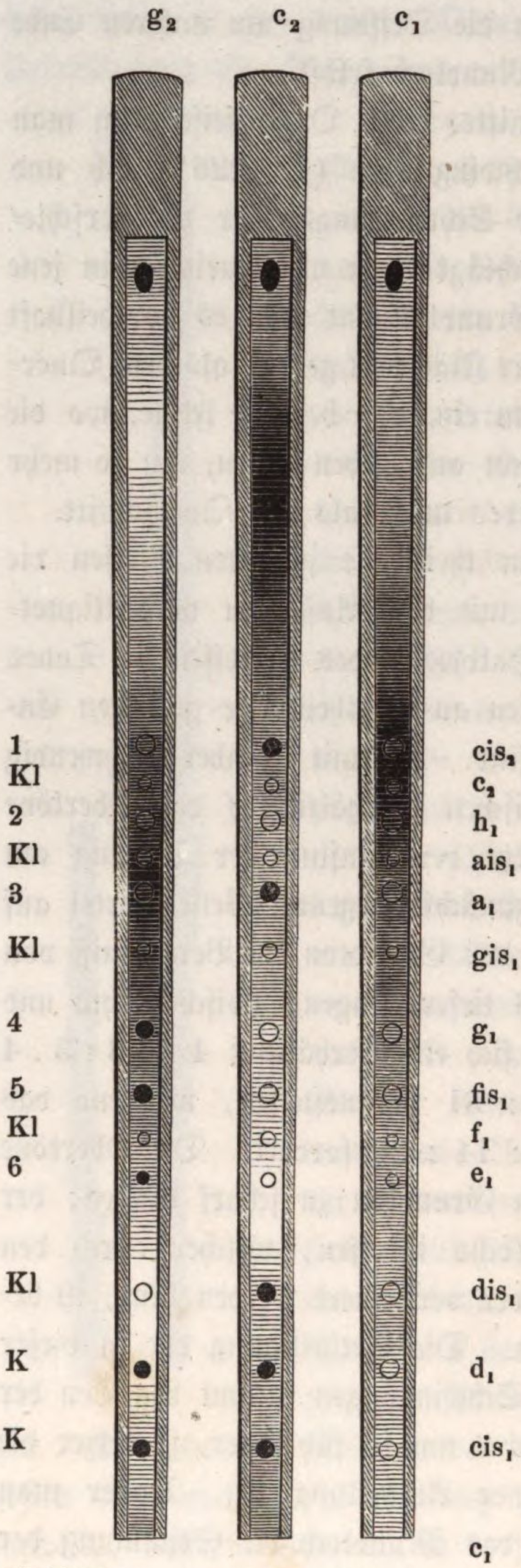
Wie der erste Blick lehrt, ist der Bau der Flöte nach so einfachen Principien nicht eingerichtet; alle Abweichungen sind dadurch bedingt, daß man weder dem Mundloch noch den Grifflöchern die volle Weite der inneren Bohrung geben kann. Damit der Athem des Künstlers das Mundloch so vollkommen beherrsche, wie eine reine und klangvolle Intonation es erfordert, darf dieses die Fläche eines länglichen Vierecks mit abgerundeten Ecken von höchstens 5,3 Linien Länge und 4,4 Linien Breite, also eine Fläche von etwa 23 Quadratlinien nicht überschreiten. Die Klangstärke der Flöte ist aber der in Schwingung versetzten Luftmasse proportional und man würde den Flötenton viel zu sehr schwächen, wenn man den Querschnitt der inneren Bohrung nicht größer nehmen wollte als die Fläche des Mundlochs. Bekanntlich ist der Querschnitt des oberen cylindrischen Theiles mehr als doppelt so groß und auch so ist die Mensur immer noch der Entwicklung der harmonischen Obertöne günstiger, als derjenigen der Grundtöne. Erst bei der ersten Ueberblasung stellt sich zwischen der Länge der schwingenden Abtheilungen und ihrem Durchmesser das Verhältniß her, welches man als das günstigste für die Flötenpfeifen der Orgel angenommen hat. Da aber die Flöte in den drei Octaven der Grundtöne, der ersten und zweiten Ueberblasung gebraucht wird, so ist es unvermeidlich, daß die Luftsäule in derselben, wie in einer theilweise gedeckten Pfeife schwingt. Bei dem tiefsten Grundtone fällt der Schwingungsknoten nicht in die Mitte zwischen das Mundloch und das untere Ende und er würde dem ersteren noch weit näher liegen,

wenn das ganze Flötenrohr cylindrisch und nicht vielmehr nach Unten konisch verjüngt wäre, so daß die Oeffnung am unteren Ende keine größere Weite hat, als das Mundloch selbst.

Durch Verkleinern des Aufschnittes einer Orgelpfeife kann man das Tempo der erregenden Luftschwingungen (S. 226) nach und nach in Uebereinstimmung mit der Schwingungsdauer der verschiedenen Obertöne setzen; die Pfeife schlägt dann unvermeidlich in jene Töne über. Aber schon für den Grundton hat man es vortheilhaft gefunden dem Aufschnitt eine kleinere Fläche zu geben, als dem Querschnitt der Pfeife; es leuchtet darum ein, daß bei der Flöte, wo die zwei ersten Ueberblasungen noch leicht ansprechen sollen, um so mehr das Mundloch kleiner gewählt werden muß, als der Querschnitt.

Der Leser weiß, daß auch in theilweise gedeckten Pfeifen die inneren Abtheilungsräume, welche mit dem Auftreten von Aliquottönen sich bilden, genau einer Halbwelle des betreffenden Tones gleichkommen, daß dagegen die letzten an die theilweise gedeckten Enden fallenden Abtheilungen kürzer sind. Hiermit ist aber nothwendig eine Störung des reinen harmonischen Verhältnisses der Obertöne zum Grundtone verbunden. Gesetzt der Einfluß der Deckung am einen Ende vermindere das ihm zunächst liegende Wellenviertel auf $\frac{3}{4}$ seiner normalen Länge, so wird der Grundton im Verhältniß von $4 + 3 : 4 + 4$, also von $7 : 8$ tiefer klingen; zwischen ihm und seinen nächsten Oberoctaven wird sich ein Verhältniß $4 + 3 : 3 . 4 + 3 : 7 . 4 + 3 = 7 : 15 : 31$ herausstellen, während das richtige harmonische Verhältniß $7 : 14 : 28$ fordert. Die Obertöne der Flöte würden daher gegen den Grundton zu scharf klingen; der kleine Raum oberhalb des Mundlochs indessen, welcher durch den verschiebbaren Pfropf vergrößert oder verkleinert werden kann, ist bestimmt, diesen Fehler auszugleichen. Die Betheiligung der in dieser Höhlung befindlichen Luft an den Schwingungen stimmt den Ton der Flöte tiefer, aber dieser Einfluß wird um so fühlbarer, je kürzer die zunächst dem Mundloch schwingende Abtheilung ist. Daher man durch Rücken des Pfropfs gegen das Mundloch die Stimmung der Obertöne verhältnißmäßig zum Grundtone ändern kann. Die Künstler treffen die Ausgleichung nach dem Gehöre so, daß die Töne d_1, d_2 und d_3 in reinen Octaven stimmen.

Fig. 66. Ein Fünftel nat. Größe.



Die Seitenlöcher der Flöte sind sämmtlich weit enger als der Querschnitt der inneren Bohrung, ihre Abstände vom Mundloch entsprechen keineswegs den Saitenlängen für gleichschwebend temperirte Töne. Aus der beistehenden schematischen Figur kann man ihre gegenseitige Lage, sowie diejenige der Schwingungsknoten beim Grundton und in den zwei ersten Ueberblasungen entnehmen; [1] diejenigen Seitenlöcher, welche mit einer Klappe gedeckt sind und beim Spiel erst geöffnet werden müssen, sind mit Kl, diejenigen, welche mit offenstehender Klappe versehen sind und beliebig geschlossen werden können, mit K bezeichnet. Neben der Figur stehen die Namen der Töne, welche die Flöte giebt, wenn das entsprechende Seitenloch zugleich mit sämmtlichen unterhalb gelegenen geöffnet ist. Es muß auf den ersten Blick auffallen, daß vom Grundton c_1 bis zur Octave c_2 die Applicatur viel mehr als die Hälfte der ganzen Rohrlänge durchläuft. Die beiden Abtheilungen, in welche die ganze Röhre am Tonloch c_2 zerfällt, sind 8,7 Zoll und 13 Zoll lang. Nimmt man auch noch 1,9 Zoll wegen Deckung durch das Mundloch hinzu, so bleibt immer noch das Ver-

hältniß 10,6 : 14,9. Diese Ungleichheit kann allein auf Rechnung der starken Deckung gesetzt werden, welche das enge Tonloch c_2 noch übrig läßt. Die Röhre müßte im Abstand von $\frac{23,6}{2}$ — 1,9, also von 9,9 Zollen vom Mundloch abgeschnitten werden, wenn sie die Octave des Grundtones c_1 geben sollte.

Ohne diese Betrachtungen, welche den Leser nur ermüden würden, ohne doch allgemeinere Resultate zu bieten, im Einzelnen fortzuführen, bemerken wir nur, daß alle Tonlöcher, welche enger sind, als der Querschnitt der Bohrung, dem Mundloch näher gerückt werden, damit durch diese Verkürzung die Wirkung der theilweisen Deckung wieder ausgeglichen werde. Man überzeugt sich leicht, daß unter diesen Umständen, wenn irgend ein Tonloch geöffnet ist, es für die Höhe des Tones durchaus nicht gleichgültig ist, ob die zunächst nach Unten folgenden Seitenlöcher geöffnet oder geschlossen sind; übrigens ist gerade in diesem Umstande ein gewisser Vorzug der engen Tonlöcher vor den weiten gelegen. Man erhält durch den Einfluß, welchen die tiefer liegenden Tonlöcher noch äußern, die Möglichkeit, den nämlichen Ton bei verschiedener Gruppirung der geöffneten Seitenlöcher anzugeben und dieß ist zur Besiegung musikalischer Schwierigkeiten von Werth.

Bei der älteren Flöte fehlte das Ansatzstück ganz, der Grundton war d_1, und lange Zeit zählte sie nur eine einzige Klappe am unteren Ende für das dis_1, welche von dem Virtuosen Quanz angebracht worden war. Die sechs Tonlöcher für die Finger der linken und rechten Hand gaben, wenn sie von Unten der Reihe nach geöffnet wurden, die Töne e_1, fis_1, g_1, a_1, h_1, cis_2, also die Tonleiter von D-dur. Um f_1 zu erhalten mußte das Seitenloch fis_1 geöffnet, das für e_1 aber geschlossen werden. Aehnlich wußte man die Töne gis_1, b_1 und c_1 durch derartige Gabelgriffe herauszubringen, indem man zugleich durch etwas stärkeres Blasen den Ton etwas in die Höhe zu treiben, durch stärkere Deckung des Mundlochs mit den Lippen um Weniges tiefer zu machen verstand. Jetzt sind für die chromatischen Töne ebenfalls Seitenlöcher angebracht, welche so lange durch Federdruck mit Klappen geschlossen gehalten werden, bis der Ton erklingen soll. Es ist hierdurch die Ansprache dieser Töne

bestimmter und reiner und das Spiel leichter geworden, weil der Verschiedenheit des Anblasens und der Deckung des Mundlochs durch die Lippen, kurz dem sogenannten Ansatz nicht mehr so viel überlassen ist, als sonst. Nur dann, wenn eine musikalische Figur einen der alten Griffe bedeutend bequemer erscheinen läßt, wird der Künstler ihn wählen.

Die Klappen am Ansatzstück oder Fuß sind offen, so daß die Flöte ungeachtet dieser Verlängerung in d_1 steht. An einem c_1-fuß sind zwei, eine cis_1- und d_1-klappe angebracht, an dem h-fuß kommt noch die c_1-klappe hinzu.

Die seither angestellten Betrachtungen werden dem Leser einleuchtend gemacht haben, daß eine gewisse Willkür in der Anordnung enger Seitenlöcher an einem Blasinstrument herrscht. Ob man ein solches enger macht und es dem Mundloch näher rückt, oder ob man es weiter macht und es nach dem unteren Ende der Flöte zu verschiebt, kann in Beziehung der Tonhöhe ganz gleichgültig sein. Die Stärke und Helligkeit des Tones wird aber durch weitere Seitenlöcher begünstigt. Gottfried Weber hat darum schon vorgeschlagen, das e-loch der Flöte weiter hinabzurücken und weiter zu machen, um diesen Ton aus seiner Dumpfheit zu erlösen. Es verliert dadurch die Applicatur der Flöte nicht an Reichthum, da unterhalb des e sich keine Seitenlöcher mehr befinden, deren Deckung zur Erniedrigung um eine halbe Tonstufe führte, das dis_1 vielmehr ein für allemal mittelst der besonderen dis_1-klappe hervorgerufen wird.

Th. Böhm ist in der akustischen Reorganisation der Flöte viel weiter gegangen. Er hat das Opfer der alten Gabelgriffe nicht für zu groß gehalten, um dagegen mittelst weiterer Tonlöcher einen mächtigeren, klangvolleren Flötenton einzutauschen. Er wählte die Tonlöcher sämmtlich so weit, als sie die Finger eben noch zu decken vermögen, ihren Ort aber vermochte auch er, trotz mancher akustischen Anhaltspunkte, welche er mehr als andere Techniker sich zu eigen machte, nur empirisch zu bestimmen. Die geschlossenen Klappen der chromatischen Töne verwandelte er in offenstehende und erhielt ihren Schluß durch das eigenthümliche System der Ringklappen, deren Angriffe die Tonlöcher umschließen und so dem deckenden Finger eine doppelte Rolle zuweisen. Das geänderte Griffsystem stand einige

Fig. 67.
(Böhm'sche Flöte.)



Zeit der Annahme dieses in akustischer Beziehung veredelten Instrumentes entgegen, und es bedurfte der Unterstützung der französischen Academie, um selbst im Vaterlande dem denkenden Künstler die gebührende Anerkennung zu gewinnen. Derselbe hat durch neuere Bemühungen eine Flöte mit cylindrischem Rohr, welches nur oberhalb der Grifflöcher nach dem Mundloch hin sich etwas konisch verjüngt, construirt, auf welcher alle Töne durch gleichweite Seitenlöcher angegeben werden und darum nicht nur weit voller und kräftiger klingen, als auf allen anderen Flöten, sondern auch jeder Nuancirung bis ins zarteste Piano fähig sind, ohne ihre Tonfarbe zu verlieren oder in der Stimmung zu sinken, und überdieß ist das Spiel leichter, weil alle Töne bei dem nämlichen Ansatz am Leichtesten ansprechen. Es klingt nach dem Urtheil Sachverständiger eine Holzflöte nach altem System neben einer Böhm'schen Metallflöte, wie ein alter Wiener Flügel neben einem Broadwood'schen*).

Eine vollkommene Theorie der Flöte müßte gestatten, das ganze Instrument in eine einzige Formel zu fassen, ähnlich wie dieß bei einem Fernrohre möglich ist. Wie bei letzterem die Abstände, Brennweiten und Krümmungshalbmesser der Linsen durch die Forderung eines deutlichen, hellen, perspectivisch richtigen, vergrößerten Bildes, so müßte bei der Flöte die Länge, die Weite der Bohrung, des Mundlochs, sowie Abstände und Weite der Seitenlöcher, aus der Forderung eines vollen schönen Tones in der Stimmung der gleichschwebenden Temperatur abgeleitet werden können. Allein man ist jetzt von diesem Ziele noch weit entfernt; man kennt die Wellenbewegungen der Luft in einem mit mehren Oeffnungen versehenen Raume noch nicht hinlänglich, um annähernd den gegenseitigen

*) Vgl. Schafhäutl's Bericht über die musikal. Instrumente auf der allgemeinen Industrieausstellung zu London, S. 884.

Einfluß der Seitenlöcher der Flöte zu bestimmen. Uebrigens gehen bei dem Bau eines Blasinstrumentes noch so viele Nebenrücksichten in die Frage ein, daß der Künstler dadurch vielfach von dem Wege, welchen die Theorie vorzeichnen könnte, abgelenkt werden muß. Der Größe und dem Bau der menschlichen Hände, welche die Tonlöcher und Klappen zu regieren haben, muß die Einrichtung der Blasinstrumente angemessen sein. Selbst die Rücksicht auf den bequemen Transport derselben hat manche Abänderung in ihrem Bau hervorgebracht. Wo die beiden Theile, aus welchen das Mittelstück der Flöte zusammengesetzt ist, sich auseinander nehmen lassen, also zwischen dem g_1- und a_1-loch, ist ein weit größerer Abstand, als zwischen den übrigen Seitenlöchern; das g_1-loch ist, eben weil es der mechanischen Einrichtung wegen gegen das Ende der Flöte hin verschoben ist, weiter, als es außerdem sein dürfte.

Die Instrumente, welche mit dem Munde angeblasen werden, erfordern streng genommen nicht einmal dieselbe Genauigkeit im Bau, wie z. B. die Pfeifen der Orgel, da der ausführende Künstler durch die unendlich zarten Abstufungen, welche er in der Art des Anblasens und der Deckung des Mundlochs anzuwenden im Stande ist, die kleinen Mängel im Bau auszugleichen vermag. Je unvollkommener ein Instrument ist, desto mehr will es als Individuum behandelt und studirt sein, und der Umstand, daß ungeachtet der starren Bestandtheile eines Blasinstrumentes die Biegsamkeit des eigentlich klingenden Körpers, der Luft, dem Musiker noch eine gewisse selbständige Einwirkung gestattet, erklärt allein, wie das musikalische Gehör durch die Productionen der so äußerst unvollkommenen Blasinstrumente vergangener Jahrhunderte einigermaßen befriedigt werden konnte.

In den höheren Octaven, in welchen sich im Innern der Flöte Knotenabtheilungen bilden, vermehrt sich die Art der Griffe für den nämlichen Ton. So kann z. B. a_2 sowohl als erster Oberton von a_1, als auch als zweiter Oberton von d_1 geblasen werden. Die folgende Tafel giebt eine Uebersicht der möglichen Wiederholungen:

Grundton	Obertöne erster	zweiter	dritter	vierter	fünfter	sechster	siebenter
c_1	c_2	g_2	c_3	e_3	g_3	b_3	c_4
cis_1	cis_2	gis_2	cis_3	f_3	gis_3	h_3	
d_1	**d_2**	a_2	d_3	fis_3	a_3	c_4	
dis_1	**dis_2**	b_2	dis_3	g_3	b_3		
e_1	**e_2**	h_2	e_3	gis_3	h_3		
f_1	**f_2**	c_3	f_3	a_3	c_4		
fis_1	**fis_2**	cis_3	fis_3	b_3			
g_1	**g_2**	**d_3**	g_3	h_3			
gis_1	**gis_2**	**dis_3**	gis_3	c_4			
a_1	**a_2**	**e_3**	**a_3**				
b_1	**b_2**	**f_3**	**b_3**				
h_1	**h_2**	**fis_3**	**h_3**				
c_2	**c_3**	**g_3**	**c_4**				
cis_2	**cis_3**	**gis_3**.					

Während für den Grundton c_1 begreiflicher Weise nur Ein Griff existirt, kann c_2 auf zwei Arten, c_3 auf drei, c_4 auf fünf verschiedene Arten gegriffen werden. Im Allgemeinen wird man mit den Ueberblasungen möglichst niedriger Ordnung, also mit den Griffen, welche den in vorstehender Tafel stärker gedruckten Namen entsprechen, auszukommen suchen; dabei aber ist es vortheilhaft, manche Abänderungen in den Griffen anzubringen, welche die Bildung der Knotenabtheilungen unterstützen. An den Stellen, an welche Schwingungsknoten fallen, wird es zweckmäßig sein, die Seitenlöcher zu schließen, damit die Wände den Verdichtungen nnd Verdünnungen vollen Widerstand entgegensetzen; in der Gegend der Schwingungsbäuche dagegen dienen seitliche Oeffnungen, die atmosphärische Dichte der Luft zu erhalten und die freie Bewegung zu unterstützen. Die Fig. 66, Seite 288, in welcher die hellen Kreischen die geschlossenen, die schwarzen Kreischen die offenen Tonlöcher bedeuten, zeigt die Lage der Schwingungsknoten und Bäuche in der Flöte bei den Tönen c_1, c_2 und g_2.

Der Musiker ruft den Grundton, die erste, zweite oder eine höhere Ueberblasung nach Willkür hervor, indem er bei den letzteren weniger aber rascheren Wind giebt und zugleich das Mundloch mehr und mehr mit den Lippen deckt; er wendet dieselben Mittel an, welche

auch zum Hervorrufen der Aliquottöne an den Orgelpfeifen geeignet befunden wurden.

Die Rücksicht auf das leichtere und reinere Ansprechen der Töne höherer Octaven hat manche Künstler bewogen, die Flöte mit noch mehr Klappen zu versehen, ja sie damit förmlich zu überladen. Indessen scheinen doch nur die dis_1-, die doppelten f_1-, die gis_1,- b_1- und c_2-klappen, sowie die offenen d_1 und cis_1-klappen am c_1-fuß und noch die c_1-klappe am h-fuß Dauer und Bestand zu haben.

Um der Flöte kleine Abänderungen in der Stimmung geben zu können, ist das Kopfstück getheilt, so daß es sich durch Auseinanderziehen der beiden Theile, ähnlich dem Auszuge an einem Fernrohre, etwas verlängern läßt. Obgleich man auf diese Weise immer nur sehr geringfügige Veränderungen in der Stimmung vornehmen wird, so macht sich dabei dennoch schon die fehlerhafte Lage, in welche die Seitenlöcher zum Mundloch gerathen, dem Gehör bemerkbar. Richtig könnten die Verhältnisse nur dann bleiben, wenn das ganze Flötenrohr sich ausziehen ließe, wie Kautschouk, so daß alle Seitenlöcher sich in verhältnißmäßiger Weise vom Mundloch entfernten. Wie schon gesagt wurde, kann der bewegliche Pfropf dienen, um den durch den Auszug entstandenen Fehler seinem größten Theile nach zu compensiren.

Die Wände der Flöte werden hinlänglich fest und widerstandsfähig genommen, so daß ihre Betheiligung an der Schwingungsbewegung keinen hervorstechenden Einfluß auf die Klangfarbe äußern kann. Nichtsdestoweniger stehen sich die Ansichten der Instrumentenmacher sowie der Virtuosen vielfach entgegen über das für Flöten geeignetste Material. Buchsbaum soll vorzugsweise einen zarten, Ebenholz, Königsholz und mehr noch Elfenbein und Krystall einen glasartigen, schneidenden Ton begünstigen. Nach Böhm's Erfahrungen sollen Flöten aus Silber oder hart gezogenem Messing allen übrigen an Schönheit des Tones überlegen sein. Auch über die Weite der Bohrung sind die Künstler nicht übereinstimmender Meinung. Sicher ist, daß eine enge Bohrung, wie sie in Frankreich vorzugsweise vorkommt, das Ansprechen der höheren Töne erleichtert, die der tieferen erschwert; daß dagegen weite Bohrung eine gute klangvolle Tiefe giebt.

Ueber die Terzflöte, deren Skala in f_1, und die Octavflöte oder Piccolo, welche in d_2 beginnt, haben wir keine weiteren Bemerkungen hinzuzufügen, da die Grundsätze ihrer Construction nicht von den bereits vorgetragenen verschieden sind.

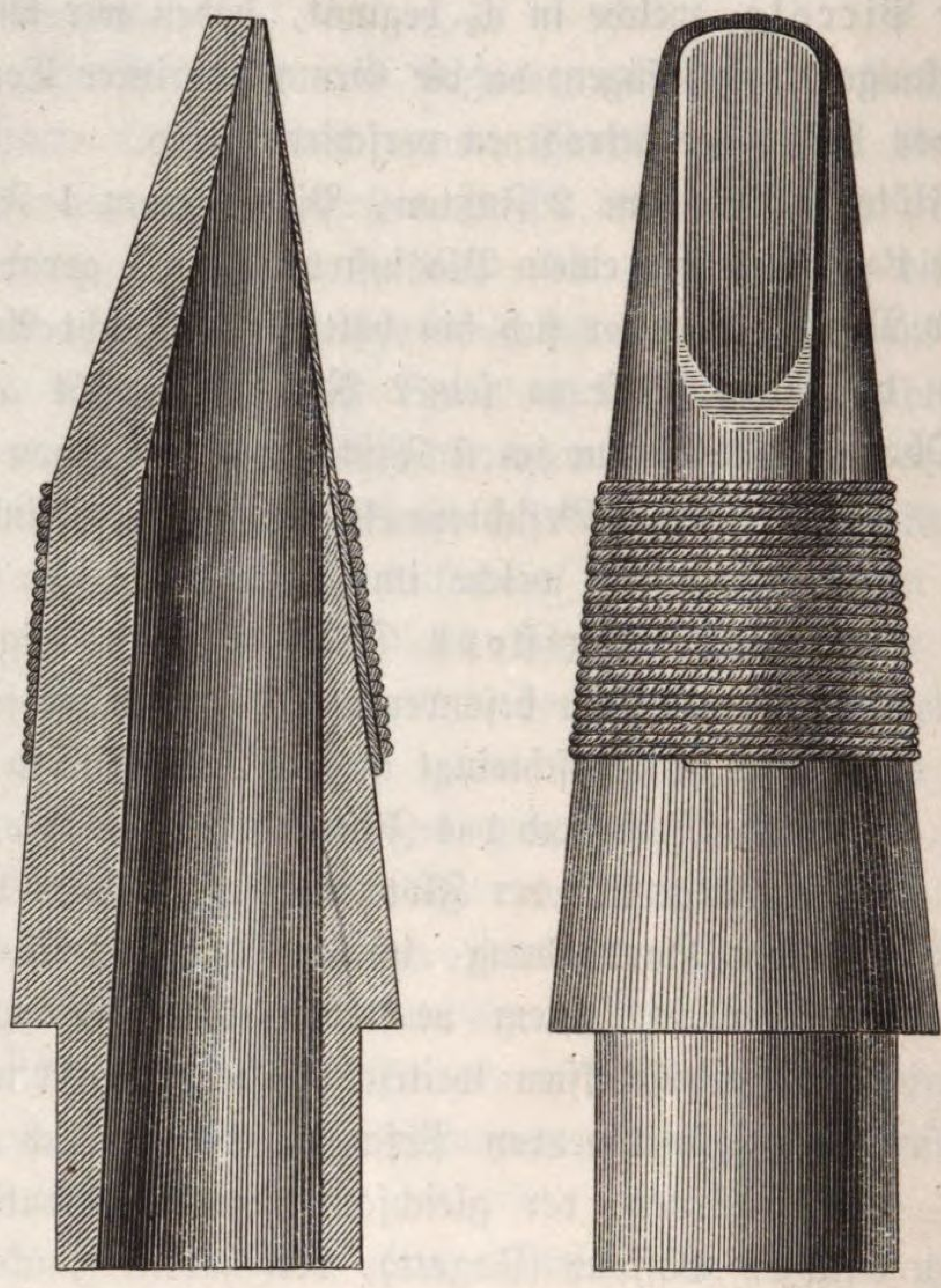
Die Flöte gehört dem 2 Fußton, Piccolo dem 1 Fußton an. Eine tiefere Lage kann bei einem Blasinstrument mit geradem Rohr, welches der Musiker frei vor sich hin halten soll, nicht Anwendung finden, da die Arme sonst zu seiner Regierung nicht ausreichen. Auch die Oboe stimmt darum im 2 Fußton. Allein schon aus dem angedeuteten Gesichtspunkt muß die Erfindung der Clarinette, welche im Jahre 1696 von dem Flötenmacher Christoph Denner zu Leipzig gemacht wurde, als ein besonderer Gewinn angesehen werden. Die Luftsäule schwingt in derselben, wie in einer gedeckten Pfeife und das Instrument steht also, bei gleicher Länge mit der Flöte und fast gleicher Leichtigkeit in der Handhabung, im 4 Fußton. Mattheson, welcher in seinem neu eröffneten Orchester (1713) der „allerstärkſten weiteſt schallenden Trompete, der prächtigſt tönenden Posaune, der lieblich pompösen Waldhörner, der gleichsam redenden Hautbois, des stolzen Bassons (Fagott), der harten Zincke und der modesten Flöte" gedenkt, kannte den Gebrauch der Clarinette im Orchester noch nicht.

Fig. 68.



Der characteristische Theil der Clarinette ist das Mundstück. Dasselbe ist ein aus Kokosholz oder Metall gedrehtes Röhrchen, welches nach Vorn schnabelförmig zuläuft, wie dieß die Figur 69 zeigt. Die Oberlippe des Schnabels ist durch die Substanz des Mundstücks selbst gebildet und vollkommen starr und unbeweglich. Die Unterlippe besteht aus italienischem Rohr, sie wird mit Bindfaden sehr fest auf das Mundstück aufgebunden und zwar so, daß sie am vorderen Ende etwa $\frac{1}{3}$ Linie breit absteht. Da das Rohrblättchen von $\frac{1}{2}$ Linien Dicke nach Vorn hin bis zur feinen Schneide sich verdünnt, so ist es sehr geeignet, wenn

Fig. 69.



das Mundstück zwischen die Lippen gefaßt und angeblasen wird, in kräftige Oscillationen zu gerathen.

Wie bei den Pfeifen mit metallenen Zungen, sind es auch bei dem Mundstück der Clarinette nicht die Schwingungen der Zunge, noch die der angesetzten Luftsäule, welche die Fülle des Clarinettentons erzeugen, sondern es sind die Stöße, welche der gepreßte Athem auf die Luft im Mundstück und weiterhin ausübt, indem das Rohrblatt abwechselnd den Zutritt des Stromes hemmt und gestattet. Um diesem wichtigen Theil der Clarinette mehr Dauer und eine sicherere Unterlage zu geben, läßt man das Rohr auf einem Silberplättchen ruhen und befestigt es, anstatt mit Bindfaden, mittelst zweier Metallringe, so daß man es durch Anziehen oder Nachlassen

der Schrauben zugleich in der Macht hat, das Blatt vorn mehr abstehen oder sich fester anlegen zu lassen.

Nächst dem Mundstück folgt in der Clarinette ein etwa 2,8 Zoll langes Ansatzstück ohne Seitenlöcher, die sogenannte Birne, hierauf die beiden Mittelstücke zusammen 10,3 Zoll lang, mit 20 Seitenlöchern, von welchen 4 an dem ersten Mittelstück für die drei großen Finger und den Daumen der linken Hand, 4 am zweiten Mittelstück für die drei großen und den kleinen Finger der rechten Hand bestimmt, 11 mit Klappen gedeckt sind, während das 20., zunächst dem Schallbecher gelegene Loch mit einer offen stehenden Klappe versehen ist. Die Bohrung der Clarinette ist fast cylindrisch, ihr Durchmesser nimmt vom Mundstück bis beinahe zum Ende des zweiten Mittelstücks von 7 auf 6 Pariser Linien ab, erweitert sich aber von da bis zum Ende des etwa 3,8 Zoll langen Schallbechers auf 26 Linien.

Die wichtigste Frage für das Verständniß des Baues der Clarinette ist zunächst die über die gegenseitige Einwirkung der Schwingungen der Luftsäule und derjenigen des Rohrblattes. Bei den Pfeifen mit einschlagenden Metallzungen ist, wie sich der Leser erinnern wird, durch diese Einwirkung die Tonhöhe in einer nicht ganz einfachen Weise bedingt. Setzt man aber an ein Clarinettmundstück cylindrische Röhren von verschiedener Länge, so bleibt die Tonhöhe immer dieser Länge proportional und zwar hört man jedesmal den Ton, dessen Welle mit dem Vierfachen des Ansatzrohres gleiche Länge hat. Die Tonhöhe hängt somit allein von der Länge der dem Mundstück angesetzten Luftsäule ab, und es bedürfen darum die Rohrblätter, wenn auch einer sorgfältigen Zubereitung, doch einer so genauen Abstimmung nicht, wie bei den Zungenwerken der Orgel.

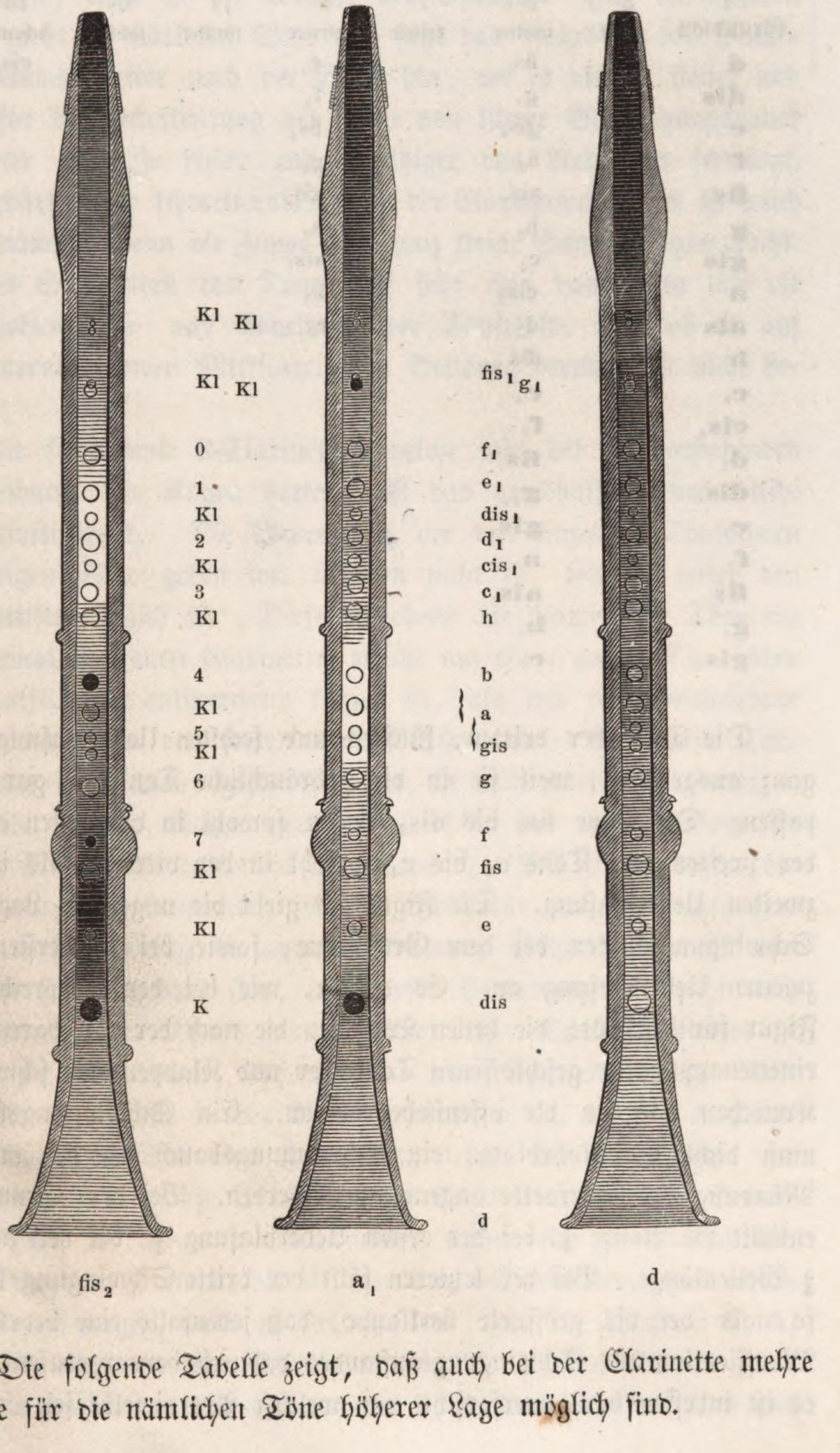
Die Luftsäule der Clarinette schwingt, wie in einer gedeckten Pfeife; der erste Aliquot- oder Oberton ist also nicht die Octave, sondern die Duodecime, und dieß ist der Grund der großen Verschiedenheit zwischen der Applicatur der Flöte und derjenigen der Clarinette. Da man mit dem nämlichen Griffe auf der Flöte den Ton d_1 und seine Octave d_2 erhalten kann, so bedarf es zwischen beiden elf Seitenlöcher, um die Tonleiter der Flöte durch alle

chromatischen Töne zu führen. Bei der gewöhnlichen, sogenannten B=Clarinette ist der tiefste Ton, wenn alle Seitenlöcher geschlossen sind, d; mit dem nämlichen Griffe erhält man auch a_1; aber zwischen beiden liegen noch 18 Halbtöne, für welche die in der folgenden schematischen Figur (Fig. 70) angedeuteten 8 Fingerlöcher und 10 Klappen bestimmt sind.

Der Querschnitt, welchen das für gis bestimmte Seitenloch haben müßte, ist auf zwei kleinere Löcher vertheilt und eines derselben ist mit einer Klappe geschlossen; für den Ton gis selbst ist diese Einrichtung ohne Bedeutung, da beide Seitenlöcher geöffnet werden müssen, aber für die Töne der ersten und zweiten Ueberblasung wird durch diese Eintheilung die Mannichfaltigkeit der Griffe nach dem S. 289 für die Flöte entwickelten Principe vermehrt. Die zweite Klappe bei gis_1 unterliegt keiner akustischen Betrachtung, da sie nur einen musikalischen Nebenzweck (Blasen von Trillern) hat. Ein belehrendes Beispiel für den Satz, daß ein engeres Seitenloch durch ein weiteres von tieferer Lage ersetzt werden kann, bieten das Tonloch für f und die Klappe für fis. Oeffnet man nur das Tonloch, so hat man f; ganz den nämlichen Ton und zwar von entschieden hellerem Klange erhält man, wenn man das Tonloch für f schließt, aber die fis=klappe öffnet und der Ton fis tritt erst dann auf, wenn Tonloch und Klappe gleichzeitig geöffnet sind.

Das bei der Flöte erwähnte neue System der weiteren Tonlöcher und der Ringklappen ist von Th. Böhm auch auf die Clarinette angewendet worden und auch hier hat es seine Vorzüge, das Spiel wesentlich zu erleichtern und den Tönen durch die ganze Scale gleichmäßigere Klangfarbe, sowie größere Fülle und Rundung zu verleihen, bewährt.

Fig. 70. Ein Fünftel nat. Größe.



Die folgende Tabelle zeigt, daß auch bei der Clarinette mehre Griffe für die nämlichen Töne höherer Lage möglich sind.

	Obertöne						
1 Grundton	3 erster	5 zweiter	7 dritter	9 vierter	11 fünfter	13 sechster	15 siebenter
d	**a$_1$**	fis$_2$		e$_3$			cis$_4$
dis	**ais$_1$**	g$_2$		f$_3$			
e	**h$_1$**	gis$_2$		fis$_3$			
f	**c$_2$**	a$_2$		g$_3$			
fis	**cis$_2$**	ais$_2$		gis$_3$			
g	**d$_2$**	h$_2$		a$_3$			
gis	**dis$_2$**	c$_3$		ais$_3$			
a	**e$_2$**	cis$_3$		h$_3$			
ais	**f$_2$**	d$_3$		c$_4$			
h	**fis**	dis					
c$_1$	**g$_2$**	**e$_3$**					
cis$_1$	**gis$_2$**	**f$_3$**					
d$_1$	**a$_2$**	**fis$_3$**					
dis$_1$	**ais$_2$**	**g$_3$**					
e$_1$	**h$_2$**	**gis$_3$**					
f$_1$	**c$_3$**	**a$_3$**					
fis$_1$	**cis$_3$**	**ais$_3$**					
g$_1$	**d$_3$**	**h$_3$**					
gis$_1$	**dis$_3$**	**c$_3$**					

Die Töne der dritten, fünften und sechsten Ueberblasung sind ganz ausgelassen, weil sie in die gebräuchliche Tonleiter gar nicht passen. Die Töne fis$_2$ bis dis$_3$ liegen sowohl in der ersten als in der zweiten, die Töne e$_3$ bis c$_4$ sowohl in der vierten, als in der zweiten Ueberblasung. Die Figur 70 giebt die ungefähre Lage der Schwingungsknoten bei dem Grundtone, sowie bei der ersten und zweiten Ueberblasung an. Es deuten, wie bei der entsprechenden Figur für die Flöte, die hellen Kreischen die nach der gangbaren Clarinettenapplicatur geschlossenen Tonlöcher und Klappen, die schwarzen Kreischen dagegen die offenstehenden an. Ein Schwingungsknoten muß dicht am Rohrblatt, ein Schwingungsbauch an der unteren Mündung der Clarinette angenommen werden. Bei dem Grundtone enthält die Röhre $\frac{1}{4}$, bei der ersten Ueberblasung $\frac{3}{4}$, bei der zweiten $\frac{5}{4}$ Wellenlänge. Bei der letzteren fällt der dritte Schwingungsknoten so nahe bei die geöffnete fis-Klappe, daß jedenfalls eine bedeutende Modification des Schwingungszustandes dadurch hervorgerufen wird, es ist indessen noch unerforscht, von welcher Art dieselbe sei.

Den Grundton, oder eine erste oder zweite Ueberblasung hervorzurufen, liegt in der Willkür des Spielers. Für die höheren Lagen giebt er stärkeren Wind und faßt das Rohrblatt des Mundstücks etwas weiter nach der Basis hin, wo es dicker, steifer und daher für die Unterhaltung der Töne von kurzer Schwingungsdauer geeigneter ist. Je freier und lebendiger das Rohrblatt schwingt, desto schärfer und schmetternder wird der Clarinettenton; er ist weich und gedämpft, wenn die Zunge nur ganz kleine Schwingungen macht. Ob das Schmettern des Tones auf sehr kurz dauerndem und oft wiederholtem Zu- und Abnehmen der Tonstärke, oder ob es auf dem intermittirenden Mitklingen von Beitönen beruhe, ist nicht bekannt.

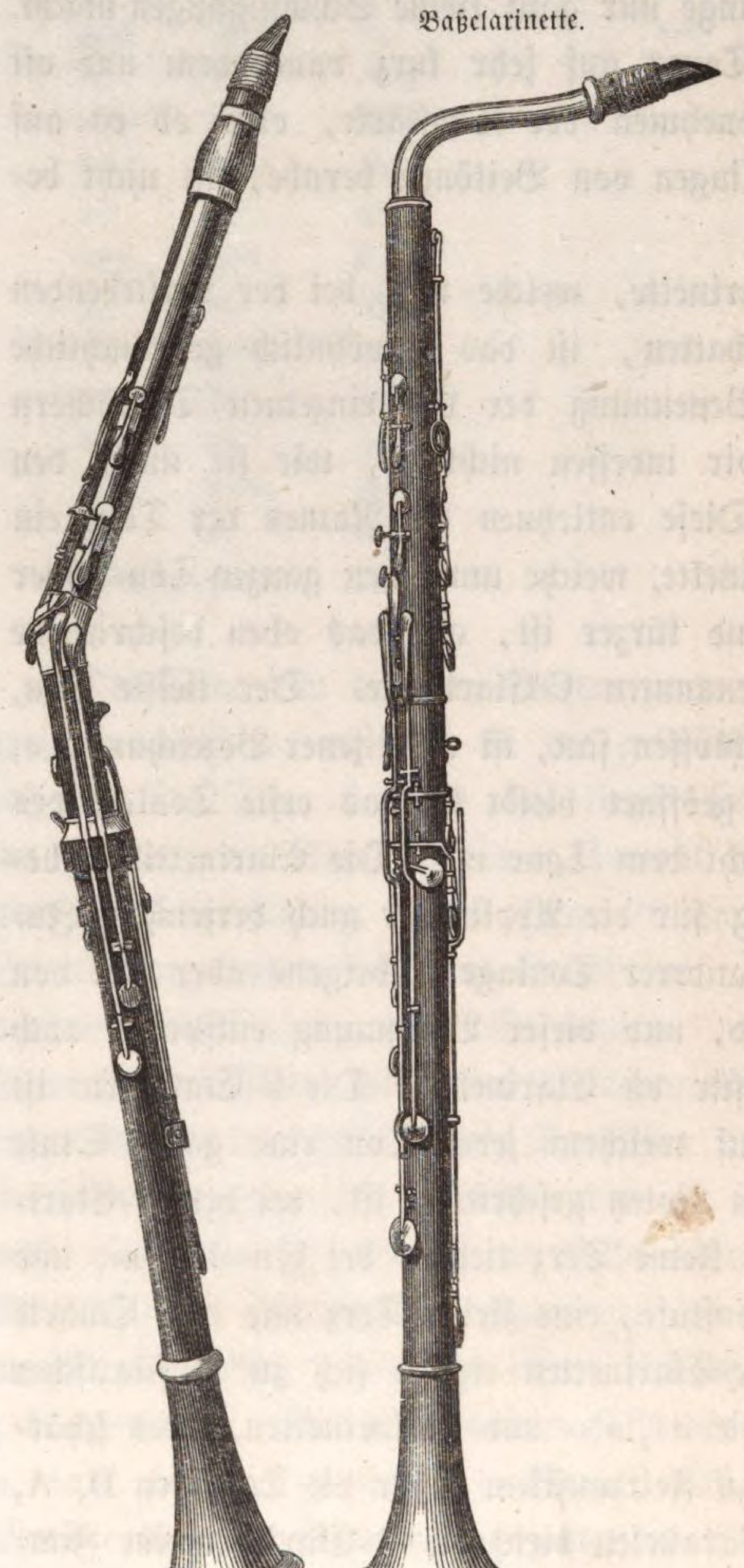
Die sogenannte B-Clarinette, welche wir bei der vorstehenden Beschreibung vor Augen hatten, ist das gewöhnlich gebräuchliche Concertinstrument. Die Benennung der den einzelnen Tonlöchern zugehörigen Töne geben wir indessen nicht so, wie sie unter den Clarinettisten üblich ist. Diese entlehnen die Namen der Töne ein für allemal von einer Clarinette, welche um einen ganzen Ton höher steht, also auch entsprechend kürzer ist, als das oben beschriebene Instrument, von der sogenannten C-Clarinette. Der tiefste Ton, wenn alle Seitenlöcher geschlossen sind, ist nach jener Bezeichnung e, wenn die unterste Klappe geöffnet bleibt f, das erste Tonloch des zweiten Mittelstücks entspricht dem Tone c_1. Die Clarinettisten behalten aber die Benennung für die Applicatur auch derjenigen Instrumente bei, welche in anderer Tonlage, übrigens aber alle von ähnlicher Form gebaut sind, und dieser Benennung entspricht auch die Notirung der Musik für die Clarinette. Die B-Clarinette ist mithin ein Instrument, auf welchem jeder Ton eine ganze Stufe tiefer klingt, als sie in den Noten geschrieben ist, bei der A-Clarinette klingt der Ton eine kleine Terz tiefer, bei den d-, es-, und f-Clarinetten eine ganze Tonstufe, eine kleine Terz und eine Quarte höher. Die A-, B- und c-Clarinetten eignen sich zu musikalischer Aufführung im Zimmer, die d-, es- und f-Clarinetten, ihres schärferen Tones wegen, mehr zu Feldmusiken. Für die Tonarten D, A, E, A, Fis dur und ihre Parallelen dient die A-Clarinette im Zimmer, die d-Clarinette im Freien; für F, B, Es, As, Des, Ges und

ihre Parallelen gebraucht man die B= und es=Clarinetten, auf der C=Clarinette wird aus C dur, A moll, G dur, E moll, F dur und D moll geblasen.

Seit den Verbesserungen, welche die Clarinette im Beginne des 19. Jahrhunderts, insbesondere durch Iwan Müller erfahren hat, ist sie geeignet geworden, für alle Tonarten zu dienen, so daß man des Wechsels der Instrumente überhoben ist. Freilich geht andererseits für den Spieler die Bequemlichkeit der sich immer gleichbleibenden Applicatur und Notirung verloren.

Bassethorn. Fig. 71.

Baßclarinette.



Der Clarinettenton ist von so ausgezeichneter musikalischer Schönheit, daß es nur befremden kann, daß das Instrument in den für tiefere Tonlagen berechneten Formen so wenig im Gebrauch ist. Die Altclarinette hat als tiefsten Ton A, steht also eine Quinte tiefer, als die c=Clarinette. Gleiche Lage hat das 1770 zu Passau erfundene Bassethorn, eine lange Clarinette, welche, um die Tonlöcher erreichbar zu machen, im Mittelstück im stumpfen Winkel gebogen ist. Durch zwei Klappen sind ihm in der Tiefe

noch zwei Tonstufen gegeben, so daß es bis F hinabreicht. Noch tiefer geht die Baßclarinette hinab, welche gerade eine Octave tiefer steht, als die B-Clarinette, also dem 8 Fußton angehört. Der Hauptttheil des Instrumentes steht senkrecht, das dem Oberstück eingefügte Metallrohr, das sogenannte S, ist im rechten Winkel umgebogen und trägt am Ende des horizontalen Schenkels das Mundstück einer B-Clarinette. Die Applicatur ist ganz die nämliche, wie die des entsprechenden Instrumentes im 4 Fußton; der tiefste Ton ist D. Noch eine Octave tiefer von D_{-1} bis b liegt das Bereich des von Skorra in Berlin construirten Bathyphons.

Fig. 72. Fagott.

Oboe.

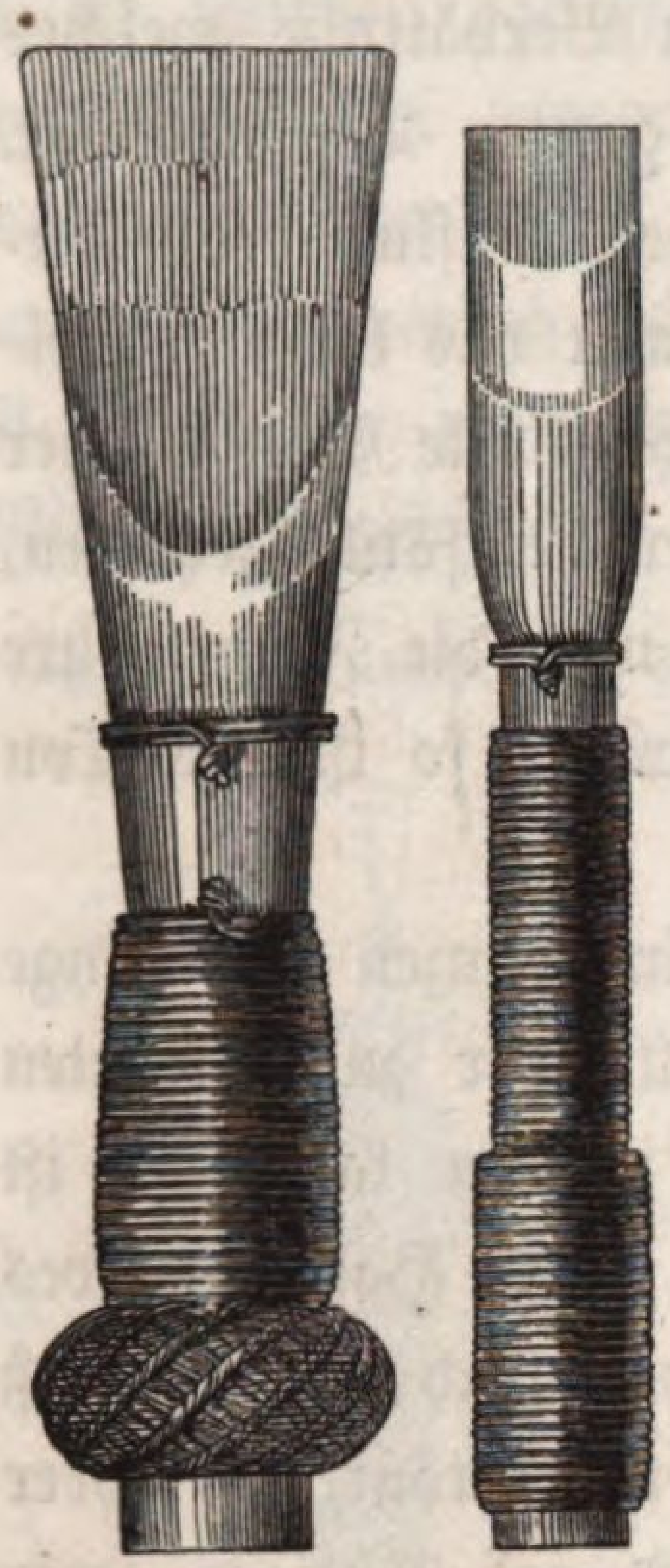


Eine zweite Form von Rohrblattmundstück dient zur Erschütterung der Luftsäule des Fagott's und der Oboe Fig. 72. Es ist erklärlich, daß der Erfinder des letzteren Instrumentes, welches etwas früher, als die Clarinette, ins deutsche Orchester eintrat, nicht bekannt ist, da eine Legion ähnlicher Instrumente mit dem nämlichen Mundstück voran-

gegangen war und es nur unbedeutender Abänderungen bedurfte, die Oboe daraus hervorgehen zu lassen Mattheson sagt: „die Oboe ist nunmehr bei uns, was vor diesem in Teutschland die Schalmey gewesen. Wird sie aber nicht auf das delicateste angeblasen, so will ich lieber eine gute Maultrummel oder ein Kammstückchen davor hören.“ Die Oboe erhielt zwar 1727 schon mehre Klappen, also zur nämlichen Zeit, zu welcher auch der Bau der Flöte entschiedene Fortschritte machte, diejenige Vollkommenheit indessen, welche sie zum Spielen in allen Tonarten geeignet macht, erreichte sie erst im 19. Jahrhundert. Dagegen war das Fagott, welches 1539 von dem Canonicus Afranio zu Ferrara erfunden wurde, schon 1550, also vor 300 Jahren, zu einem gewissen Grad der Ausbildung gediehen. Siegmund Schnitzer, einer der ältesten Instrumentenmacher in Nürnberg (st. 1578), soll nach Gerber's Tonkünstlerlexicon schon ganz vorzügliche Fagotte verfertigt haben, welche sich durch nette Dreharbeit, reine Stimmung und leichte Ansprache in den hohen Tönen auszeichneten und darum nach Deutschland, Italien und Frankreich in Menge verkauft wurden. Die Abbildungen, welche Prätorius in seinem Syntagma (1619) von Fagotten giebt, auf welchen man 8 Tonlöcher und zwei Klappen erblickt, erwecken eine so hohe Vorstellung von Vollkommenheit und Reinheit der chromatischen Töne nicht, als man nach den Worten Gerber's sich zu bilden geneigt wäre. Das Fagott unserer Tage enthält 7 Tonlöcher, 12 geschlossene und 4 offene Klappen.

Oboe und Fagott gehen beim Ueberblasen in die Octave über, die Luftsäule in diesen Instrumenten schwingt also nach denselben Gesetzen, wie in einer beiderseits offenen Pfeife. Es kann auf den ersten Blick dieser Unterschied zwischen dem Clarinett- und Oboemundstück überraschen. Das letztere besteht aus zwei Rohrblättchen, welche vorn in zwei schwach gewölbten, breiten Platten, an der Basis in ein cylindrisches Röhrchen zusammengefügt sind. Letzteres wird in das vordere Ende des Blasinstrumentes eingesteckt, die Platten werden zwischen die Lippen gefaßt und durch den schmalen Spalt, welchen sie zwischen sich lassen, wird die Luft eingetrieben. Die Figur 73 giebt das Oboe- und das Fagottmundstück in natürlicher Größe. Zwischen den Schwingungen dieses Mundstücks und

Fig. 73.



denjenigen der Luftsäule, mit welchen es in Verbindung steht, findet eine engere Beziehung statt, als dieß in der Clarinette der Fall ist. Sind die Rohrblätter schwach und schlaff, so sprechen die tieferen Töne des Fagott's, sind sie dicker und steifer, so sprechen die hohen Töne leichter und vollkommener an. Das Mundstück des Fagott's hat die nämliche Construction wie dasjenige der Oboe, nur mit dem Unterschied, daß es in etwas größeren Dimensionen ausgeführt ist.

Wenn man ein Oboe- oder Fagottmundstück unmittelbar auf ein Rohr aufsetzt von der Weite etwa, wie die Bohrung der Clarinette, so spricht beim Anblasen der Ton, wenn das Rohr nur über einen Fuß lang ist, in unschöner, holpernder Weise an und seine Tiefe giebt zu erkennen, daß die Luftsäule schwingt wie in einer gedeckten Pfeife, auch ist der erste Oberton die Duodecime, das Mundstück wirkt also vollkommen deckend für ein Rohr von der gedachten Weite. Dieser Versuch lehrt, daß die eigenthümliche Form der Bohrung in der Oboe und dem Fagott, das ganz allmälige Erweitern von dem inneren Durchmesser von 2 Linien, welchen das Röhrchen des Mundstücks hat, bis zu der Weite von 17 Linien am Schallbecher der Oboe, oder von 23 Linien am Schallloch des Fagott's, von wesentlichem Einfluß auf das Verhalten der Luftschwingungen ist. Wurde zwischen das Fagottmundstück und ein Stück des Clarinettrohrs das S des Fagott's eingeschaltet, so daß die ganze Luftsäule 23 Zoll lang war, so erklang ein Ton, wie ihn eine offene Pfeife von 34,8 Zoll Länge oder eine gedeckte von 17,4 Zoll Länge giebt. In diesem Falle war also die Deckung schon keine vollkommene mehr, der Ton war gegen den einer offenen Pfeife nur noch um eine Quinte erniedrigt. Auch bei der durchaus stetigen Zunahme der Weite, wie sie bei den Bohrungen des Fagott's und der Oboe eingehalten ist, bleibt der Effect des Rohrblattmundstücks immer noch ein sehr merklicher. Das Fagott müßte, nach der Tiefe des Grund-

tons zu schließen, wie oben bereits angeführt wurde, 107 Zoll lang sein, hat aber nur eine Länge von 93 Zoll, ein Verhältniß, welches einen musikalischen Werth von mehr als einer ganzen Tonstufe hat. Wenn man das Rohr verkürzt, so macht sich der Einfluß des Zungenmundstücks in erhöhtem Maße geltend; hat man das längere Seitenrohr und das Unterstück abgenommen und hält alle Seitenlöcher geschlossen, so ist der Ton, gegen die Länge der Luftsäule gehalten, um mehr als eine große Terz, hat man auch noch die Flügelröhre abgenommen, so daß das S allein angeblasen wird, so ist der Ton um eine Quarte zu tief.

Die Oboe giebt als Grundton h und hat im Ganzen eine Länge von 22 Zollen; allein da die Luft im Schallbecher zum größten Theil nicht zur schwingenden Säule gerechnet werden kann, so ist deren Länge höchstens zu 20 Zoll anzunehmen. Die Halbwelle des Tones h ist 25,4 Zoll, so daß also die Oboe durch den Einfluß des Mundstücks um mehr als eine große Terz tiefer tönt, als ihrer Länge nach zu erwarten wäre. Die folgenden Angaben zeigen, wie jener Einfluß um so größer wird, je kürzer die mit dem Mundstücke verbundene Luftsäule ist. Der erste Versuch bezieht sich auf die ganze Länge der Oboe, bei den folgenden wurden nacheinander der Becher, das Mittelstück und endlich das Oberstück der Oboe weggenommen, so daß im letzten Falle das Röhrchen allein tönte.

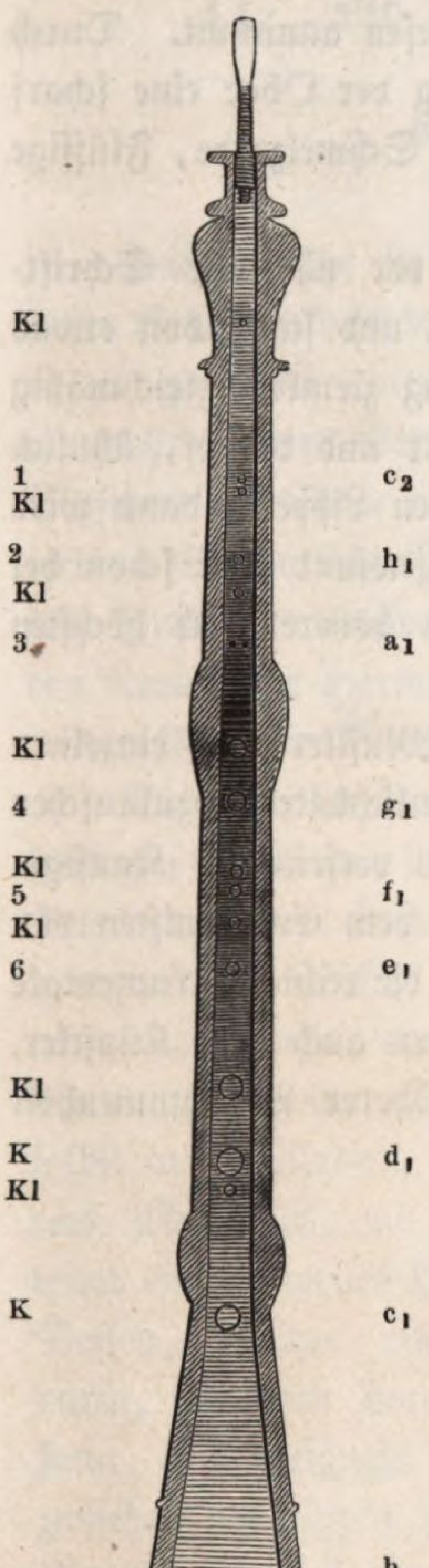
	Luftsäule			
Ton	Wirkliche Länge	Theoret. Länge	Verhältniß beider	Entsprechendes Toninterval
h	20	25,4	1,27	Große Terz (+)
cis_1	17,65	22,6	1,28	Große Terz (++)
a_{1-}	9,85	14,2	1,44	Uebermäß. Quarte
cis_3	1,83	5,65	3,09	Duodecime.

Das Mundstück der Oboe für sich tönt eine Octave und eine Quinte tiefer, als man der Länge der Luftsäule nach erwarten dürfte.

Die hier erörterten Verhältnisse lassen eine Theorie der Mensuren des Fagotts und der Oboe, wonach die Lage der Seitenlöcher nach der temperirten Scale vorausbestimmt werden könnte, noch viel verwickelter erscheinen, als sie bei der Flöte und Clarinette wegen des geringen Durchmessers der Seitenlöcher sich ohnehin schon ergeben hatte. Die Akustik ist daher vorerst noch genöthigt, der her-

gebrachten Regel, welche nach dem musikalischen Gehör allein abgeleitet wurde, das Feld zu überlassen. So viel geht zunächst aus den Versuchen hervor, daß die Tonlöcher dem Mundstück noch bedeutend näher rücken müssen, als ihres eignen geringen Querschnittes wegen erforderlich wäre. Der Grundton des Fagotts ist B_{-1}. Um B zu blasen wird das Seitenloch im Abstand von 34,4 Zoll vom Mundstück geöffnet. Die Halbwelle dieses Tones beträgt aber 53,8 Zoll. Die Deckung durch die engen Seitenlöcher und das Mundstück vereinigt entspricht daher einem musikalischen Intervall von mehr als einer Quinte. Von den tieferen Tönen B_{-1}, H_{-1}, C, Cis, D, beim Fagott, h und c_1 bei der Oboe werden die Ueberblasungen in den höheren Lagen nicht benutzt. Die Applicatur von Dis bis d des Fagotts und von cis_1 bis c_2 der Oboe wiederholt sich aber dann im Wesentlichen in der folgenden Octave; in der dritten Octave sind im Allgemeinen mehr Tonlöcher geöffnet, da die größere Anzahl von in das Rohr fallenden Schwingungsbäuchen dieß gestattet, und die Helligkeit und Stärke des Tones hierdurch nur gewinnen kann. Die beistehende schematische Figur zeigt die gegenseitige Lage der Tonlöcher an der Oboe.

Fig. 74. Ein Fünftel nat. Größe.



Ueber die Klangfarbe dieser eigenthümlichen Instrumente wollen wir einen erfahrenen Musiker reden lassen. Marx sagt in seiner Compositionslehre von der Oboe: „Die tiefsten Töne bis zu e_1 oder f_1 sind hart, gleichsam aufdringlich und scharfkantig, plärrend, den Nasentönen verwandt, dabei aber von erheblicher Schallkraft. Dieß gilt vorzüglich von den zwei untersten Stufen, welche an Ein-

dringlichkeit dem Klang der Trompete fast gleichkommen, und alle anderen Instrumente überschreien können. Auch geben diese Töne kein rechtes piano her, ihr Character läßt sich nicht sonderlich verändern und verbergen. — Die folgenden Töne bis d_2 oder e_2 mildern sich stufenweise, bleiben aber, besonders die tieferen derselben, immer noch eckig und scharf eingreifend. Von f_2 oder fis_2, mehr noch von a_2 an verfeinert sich nun der Klang. Er wird hier, ohne seine Schärfe aufzugeben, überaus zart, des feinsten Ausdrucks fähig, bis er endlich in der Höhe, besonders von d_3 an ein spitzes, wieder weniger biegsames und behandlungsfähiges Wesen annimmt. Durch alle Lagen hindurch behält übrigens der Klang der Oboe eine scharf abgeschlossene, spröde Art, es fehlt ihm das Schmelzende, Flüssige der Clarinette."

Ueber den Klang des Fagott's sagt der nämliche Schriftsteller: „Die tiefsten Töne B_{-1}, C, D sind voll und stark, von etwas rauhem Klang. Bis zum B bleibt der Klang ziemlich gleichmäßig stark und voll, von da bis zum b ist er stiller und dumpf, ähnlich dem Gesang einer Baßstimme bei verschlossenen Lippen, dann wird er allmälig wieder gedrungener und stärker, gewinnt aber schon bei e_1 und f_1 ein gepreßtes Wesen, das in den höheren und höchsten Tönen noch fühlbarer hervortritt."

Man sieht, mit welcher Sorgfalt die Musiker den einzelnen Tönen der Orchesterinstrumente ihre Eigenthümlichkeiten abzulauschen bemüht sind; aber diese Winke, welche nur ein verfeinertes Kunstgefühl zu geben im Stande ist, sind nicht nur dem Componisten von Werth, welcher einer musikalischen Idee durch die rechte instrumentale Färbung erhöhtes Leben zu geben denkt, sondern auch dem Künstler, welcher den Bau der Instrumente immer höherer Vollkommenheit entgegenzuführen bestrebt ist.

11. Die Blasinstrumente des Orchesters.

(Fortsetzung.)

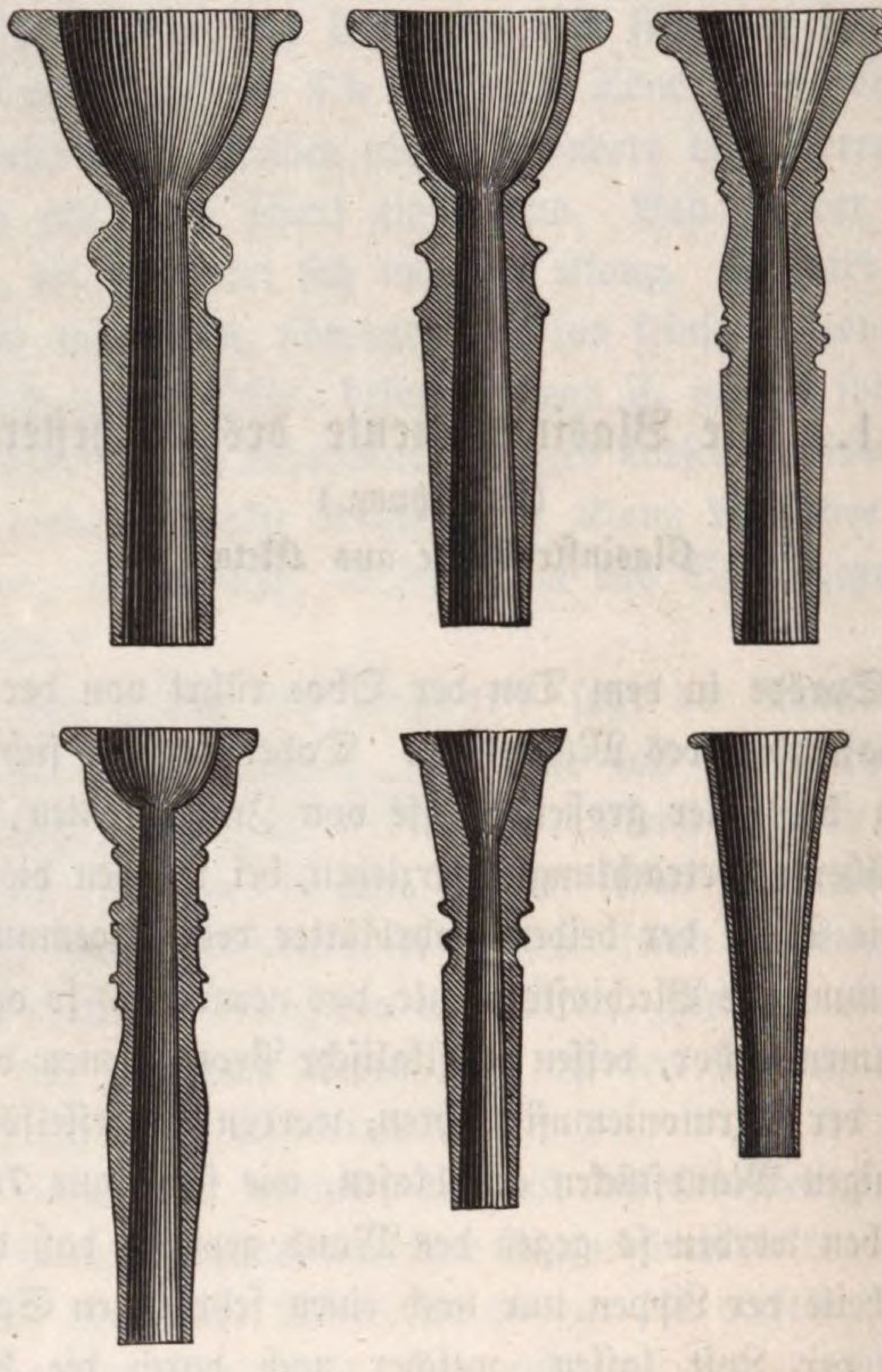
Blasinstrumente aus Metall.

Das Spröde in dem Ton der Oboe rührt von der eigenthümlichen Beschaffenheit des Mundstücks. Daher verliert sich dieser Character ganz bei einer großen Klasse von Instrumenten, welche wir nunmehr näherer Betrachtung unterziehen, bei welchen die Lippen des Musikers die Stelle der beiden Rohrblätter des Oboemundstücks vertreten. Sämmtliche Blechinstrumente, das neuerdings so vervollkommnete Instrumentenchor, dessen musikalische Productionen vorzugsweise den Namen der Harmoniemusik führen, werden mit kesselförmigen oder trichterförmigen Mundstücken angeblasen, wie sie Figur 75 zeigt.

Dieselben werden so gegen den Mund gepreßt, daß die vorderen häutigen Theile der Lippen nur noch einen sehr engen Spalt für den Durchgang der Luft lassen, welcher noch durch die beigeschobene Zungenspitze beliebig verengt werden kann, so daß nur ein äußerst dünner Luftpinsel, oder ein feiner bandförmiger Strom zwischen den Lippen durchgeht. Die Ränder der Lippen gerathen beim Anblasen selbst in Oscillation, wie jeder Dritte leicht wahrnehmen kann, wenn das Mundstück aus Krystallglas besteht. Diese Erzitterung aber leitet ein stoßweises Hervorquellen der Anblaseluft ein und die Uebung Dessen, welcher ein Blechinstrument spielt, besteht vorzugsweise darin, für jeden Ton, welchen die Luftsäule des Instrumentes geben kann, das geeignete Tempo der Lippenschwingungen und somit der zwischen den Lippen hervorquellenden Luftstöße zu finden. Die Musiker nennen dieß den richtigen Ansatz.

Fig. 75. Halbe nat. Größe.

Bombardon. Posaune. Tenorhorn.



Trompete. Piston. Horn.

Begreiflich ist es, daß, wenn schon die Mundstücke der Clarinette, des Fagotts und der Oboe, ihrer nicht ganz präcisen Construction wegen, der theoretischen Betrachtung nicht mit Sicherheit unterworfen werden können, dieß noch weniger bei den Blasinstrumenten aus Metall der Fall sein kann, deren durch die Lippen des Künstlers gebildetes Zungenmundstück weder bezüglich seiner Dimensionen noch seiner Elasticität meßbar ist.

Es bleibt darum vorerst nur übrig, bei ganz allgemeinen Erfahrungssätzen stehen zu bleiben. Wenn das ganze Instrument durchaus zweckmäßig gebaut ist, so hängt es immer noch von der Form

des Mundstücks ab, ob der Ton in der Höhe und Tiefe gleich gut zum Vorschein kommt, ob er im Allgemeinen voll oder mager klingt. Für hohe Töne muß der Kessel seichter, für tiefe Töne tiefer sein; ein enges Mundstück erleichtert das Ansprechen der höheren Töne, dafür wird aber der Ton überhaupt dünner und spitzer.

Die Tonlage eines Blechinstrumentes wird, wie die jedes Blasinstrumentes, zunächst durch seine Länge bedingt. Alle Metallinstrumente octaviren beim ersten Ueberblasen, die Luftsäule schwingt also nach dem Gesetze, wie in einer beiderseits offenen Orgelpfeife und die Länge der Röhren müßte daher gleich der Halbwelle des tiefsten Tones sein, dessen das Instrument fähig sein soll. Indessen waren bis vor noch nicht langer Zeit sämmtliche Blechinstrumente und sind auch jetzt noch bei Weitem die meisten so enge gebaut, daß es entweder äußerst schwierig oder unmöglich ist, ihren Grundton zum Ansprechen zu bringen. Wenn dieß auch gelingt, so sind diese Töne doch so unstet und zum Ueberspringen in die höhere Octave geneigt, daß sie von den älteren Musikern den Namen Flattertöne erhielten.

Ueberblickt man die Reihe der Obertöne oder sogenannten Naturtöne eines beiderseits offenen Blasinstrumentes, dessen Grundton C_{-1} sein mag:

1 2
C_{-1} . . . C Erste Octave

2 . . . . 3 4
C . . . G . . . c Zweite Octave

4 . . . 5 . . . 6 . . . 7 . . . 8
c . e . g . $b-$. c_1 Dritte Octave

8 . 9 . 10 . 11 . 12 . 13 . 14 . 15 . 16
c_1 d_1 e_1 f_1+ g_1 gis_1+ b_1- h c_2 Vierte Octave

16 17 18 19 20 ⁀21 22⁀ 23 24 ⁀25 26⁀ 27 ⁀28 29⁀ ⁀30 31⁀ 32
c_2 cis_2+ d_2 dis_2- e_2 $\underbrace{f_2-\ f_2+}$ fis_2+ g_2 $\underbrace{gis_2-\ gis_2+}$ a_2 $\underbrace{b_2-\ b_2+}$ $\underbrace{h_2\ h_2+}$ c_3 Fünfte Octave

so leuchtet sogleich ein, warum man diese Instrumente eng mensuriren und somit für die höheren Ueberblasungen geeignet machen mußte, so lange man noch keine Mittel kannte, die in den ersten Octaven vorhandenen Lücken auszufüllen. Erst in der dritten Octave, also von dem Tone 4 an, findet man die wichtigsten Töne der C dur-leiter, erst in der vierten Octave wird die diatonische Leiter vollständig, obgleich nicht in voller Reinheit aller Töne. In der fünften Octave, also zwischen dem 16. und 32. Tone, hätte man

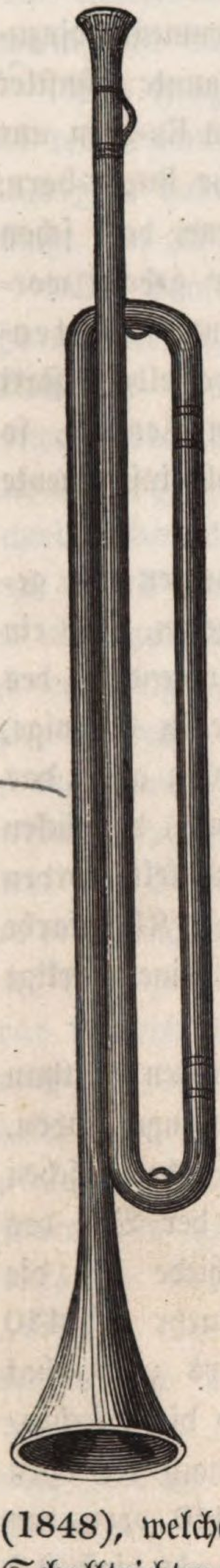
eine vollständige Chromatik, allein der Künstler wird dieser Octave nicht mehr mächtig und nur die ersten und leichteren Töne derselben gelingen ihm noch. Die Mensur der Blasinstrumente aus Metall ist so eng, daß nur diejenige des Fagotts ihr einigermaßen nahe kommt; die mittlere Weite ist in der Länge bei der Posaune etwa 200mal, bei dem Horn älteren Baues sogar 300mal enthalten. Das erstere Instrument ist von dem Tone 2, das letztere von dem Tone 3 an gebräuchlich. Doch war es ziemlich allgemein üblich, die Tonlage der Metallinstrumente nach dem Tone 2 zu benennen, so daß danach die Länge des ganzen Rohres gerade der Wellenlänge des Tones gleich sein mußte, nach welchem die Stimmung des Instrumentes benannt wurde, also nach Pariser Maß:

Tuba in B_{-2}	36	Fuß	Posaune } in B	9	Fuß
Bombardon in C_{-1}	32	"	Trompete }		
Tuba in B_{-1}	18	"	Althorn in c	8	"
Bombardon in C	16	"	Trompete in b	4,5	"
Waldhorn in Es	13,4	"	Cornett } in f_1	3	"
Bombardon in F	12	"	Flügelhorn }		

Schon die Instrumente der höchsten Tonlagen wären zum Gebrauche unbequem, wenn das Rohr in seiner ganzen Länge gerade Richtung hätte, in den tieferen Lagen wäre dieß geradezu unmöglich. Die Instrumente, welche Wirdung abbildet, sind, mit einziger Ausnahme des Jägerhornes, Fig. 63, alle noch in drei parallelen Armen hin- und hergebogen, die Stücke an den Biegungen aber gelöthet, wie z. B. „die Felt Trummet" in Figur 76.

Die Kunst, die Metallröhren, nachdem man sie mit Blei oder anderem leichtflüssigen Metall ausgegossen, in beliebigen Windungen zu biegen, stand im Anfang des 16. Jahrhunderts noch in der Kindheit; das Fig. 76 abgebildete Tenorhorn giebt den Beleg, wie weit dieselbe heutzutage gediehen ist. Wie viel man indessen hierin auch leisten mag, so bleibt für den Gebrauch der Baßinstrumente das enorme Gewicht immer ein großes Hinderniß. Darum war man, bald nachdem die Mittel ersonnen waren, die zwischen den tieferen Naturtönen vorhandenen großen Lücken der Tonleiter auszufüllen, darauf bedacht, die Mensur der tieferen Metallinstrumente so abzuändern, daß der wahre Grundton gut anspricht und man

Fig. 76.





sich daher mit Röhren von der Länge der Halbwelle begnügen kann. Diese neueren weitmensurirten Instrumente erhielten den Namen „Ganzinstrumente" zum Unterschied von den älteren eng mensurirten, den sogenannten „Halbinstrumenten" *). Da in der unmittelbaren Nähe des Mundstückes die Weite nicht geändert werden konnte, so unterscheiden sich die neueren von den älteren Instrumenten durch die Stärke der konischen Erweiterung zwischen Mundstück und Schallbecher. Nimmt man die Weite des Rohrs unmittelbar hinter dem Mundstück zur Einheit, so ist die größte Weite unmittelbar vor dem Uebergang in den parabolisch gekrümmten Schallbecher

	höherer	tieferer
	Tonlage	
bei den Halbinstrumenten	4 bis 6	6 bis 8
bei den Ganzinstrumenten	10	20

Das erste Ganzinstrument war das von Sommer im Jahre 1843 construirte Euphonium oder Barhton (in B_{-1} stehend und 9 Fuß lang). Seitdem sind in Cerveny's Phonikon (1848), welches einen ovalen, am Ende sich wieder etwas verengenden Schalltrichter besitzt, und in dessen Baroxyton (1853), welches

*) Vergl. Schafhäutl's Bericht über die Musikinstrumente auf der Industrieausstellung zu München. S. 170.

elliptisch gewunden bei nur 28 Zoll Höhe die colossalen Bombardons von 16 Fuß Länge zu ersetzen vermag, neue Ganzinstrumente hinzugekommen und selbst Waldhörner hat der zuletzt genannte Künstler nach dem neuen System zu bauen begonnen, so daß ein Es-horn nur noch 6,7 anstatt 13,4 Fuß Länge hat. Das englische Bugle-horn, Flügel- oder Signalhorn, ist zwar, obgleich in c stehend, doch schon lange nur von 4 Fuß Länge und mit weiter Mensur gebaut worden, allein da bei ihm die Lücken der Tonleiter durch Seitenlöcher und Klappen ausgefüllt wurden, so nahm dasselbe anstatt des schmetternden Metalltones einen weicheren volleren Ton an, so daß es in dieser Beziehung dem Character der Holzblasinstrumente näher rückte.

Ein eigenthümliches Mittel, den Metallinstrumenten bei gegebener Länge der Röhre eine tiefere Tonlage zu geben, fand ein verdienstvoller Brüsseler Künstler, A. Sax, in der Anwendung des Clarinettenschnabels. Allerdings sinkt die Tonlage gegen diejenige, welche das Kesselmundstück giebt, beinahe um eine Octave; allein das Instrument octavirt dann bei dem Ueberblasen nicht mehr, die Lücken der Tonleiter werden, wie dieß bei der Clarinette entwickelt worden ist, größer. Doch soll das Clarinettenmundstück für die Klangfarbe vortheilhaft sein und namentlich den Baßinstrumenten eine markige Tonfülle verleihen.

Mag man es mit Halb- oder mit Ganzinstrumenten zu thun haben, so wird man bei genauer Messung der Röhrenlänge finden, daß dieselbe immer hinter dem oben angegebenen theoretischen Maße zurück bleibt und zwar nm so mehr, je weiter der Bau des Instrumentes ist. Einigen Antheil an dem Unterschiede hat die Stimmung, da an manchen Orten das Normal a_1 mehr als 440 Schwingungen hält. An dem Wohnort des Verfassers z. B. hat das a_1 der Kirchenorgel nahe 450 Schwingungen und die Blechinstrumente stehen in gleicher Stimmung; so daß hiernach die oben angegebenen Röhrenlängen im Verhältniß von 450 : 440 oder um 2,3 Procent zu verkürzen sind. Für das Es-Horn macht dieß 0,3 Fuß aus, so daß seine Länge 13,1 Fuß betragen müßte. Die Messung ergab aber seine Länge nur zu 12,75 Fuß, also immer noch 4 Zoll zu kurz gegen das theoretische Maß. Ohne Zweifel ist

diese Abweichung auf Rechnung des Einflusses zu setzen, welchen die schwingende Luftsäule am Mundstück erfährt.

Das Flügelhorn in f_1 sollte nach der theoretischen Ableitung, bei der Stimmung von 450 Schwingungen für a_1, eine Länge von 35,2 Zoll haben. In der That ergab aber die Messung nur eine Länge von 32 Zoll.

Die Tonleiter der vierten Octave, S. 311, leidet, sowie sie das Horn oder irgend ein anderes Blechinstrument giebt, an einigen Mängeln. Das f_1 ist zu hoch, das a_1 fehlt ganz. Allein die Hornisten haben längst Mittel gefunden, diesen Fehlern und Lücken abzuhelfen. Zunächst benutzten sie die Erfahrung, daß der Ton jeder schwingenden Luftsäule durch theilweise Deckung tiefer wird, und indem sie die Hand in den Schallbecher des Horns einführten, gelang es nicht nur, das f_1 auf die reine Höhe zu bringen, das b_{1-} zu a_1 zu erniedrigen, sondern sie vermochten auch dem etwas zu hohen gis_1 die rechte Lage zu geben, und durch Erniedrigung von d, e und g um einen Halbton die diatonische Reihe in eine chromatische zu vervollständigen. Außer diesem sogenannten Stopfen der Töne, steht den Musikern noch ein anderes Mittel für kleine Aenderungen in der Tonhöhe zu Gebot, welches sie mit Treiben und Sinkenlassen bezeichnen. Schon der Ton der Orgelpfeife kann durch etwas stärkeren Wind erhöht, durch schwächeren erniedrigt werden; in weit höherem Maße ist dieß aber bei den Blechinstrumenten der Fall, wo das eigentliche Mundstück nicht starr ist, wie bei den Orgelpfeifen, sondern biegsam und der zartesten Veränderungen fähig. Indem der ausführende Künstler stärker bläst und zugleich die Lippenränder stärker spannt und ihnen einen dichteren Schluß giebt, treibt er den Ton; indem er schwächer anbläst, die Lippen schlaffer werden und weiter klaffen läßt, erniedrigt er den Ton oder läßt ihn sinken. Die Septime b_{1-}, welche nur wenig zu tief ist, kann durch Treiben leicht auf die richtige Höhe gebracht werden. Bei Anwendung solch' künstlicher Mittel indessen kann der ausführende Künstler diejenige Sicherheit nicht haben, wie bei den unveränderten Naturtönen des Instrumentes, die Componisten durften daher gestopfte Töne niemals einzeln angeben oder auch nur eine musikalische Figur mit denselben beginnen lassen; der Naturton, aus welchem

der gestopfte oder getriebene Ton hervorgehen sollte, mußte entweder unmittelbar oder kurz vorher zur Anwendung gekommen sein. Zudem ist der Klang der gestopften Töne, soviel auch gewisse Componisten gerade für diesen Toncharacter schwärmen mögen, dumpf und matt gegen einen frei aus dem Schallbecher hervortretenden Naturton.

Man hat darum auf Mittel gesonnen, jene künstlich erzeugten Töne ganz oder doch größtentheils entbehrlich zu machen. Dieses zu erreichen und zugleich die Lücken zwischen den Naturtönen in der zweiten und dritten Octave auszufüllen, und dadurch die wunderbar kräftigen und zugleich milden Töne jener tieferen Lagen zu gewinnen, war das Ziel, nach welchem alle Verbesserungen der Blechinstrumente bis auf den heutigen Tag hinstrebten.

Das erste Mittel, um bei dem Horn die gestopften Töne der vierten Octave zu umgehen, bestand darin, daß man sich auf die diatonische Scale beschränkte, und, um in verschiedenen Tonarten blasen zu können, Hörner von verschiedener Länge baute. Bei den Trompeten war dieses Auskunftsmittel, sobald das Instrument berufen ward, der höheren Musik zu dienen, unumgänglich, da bei ihrem Bau das Stopfen gar nicht anwendbar oder doch höchst mißlich ist. Es giebt **Hörner**, welche in B_{-1}, in C, D, Es, E, F, G, A, B stehen, sowie **Trompeten** in B, c, d, es, e, f, g, a und b*) ausgeführt werden; der äußeren Form und dem inneren Bau nach sind diese Instrumente alle ähnlich. Man traf ferner die Einrichtung, daß an einer gewissen Stelle ein kurzes Stück des gewundenen Rohrs abgenommen und dafür ein längerer Bogen eingeschoben werden konnte, um auf diese Weise die B_{-1}-, C-, D-, G- und A-Hörner in A_{-1}-, H_{-1}-, Cis-, Fis- und Gis-Hörner zu verwandeln; die Reihe der 12 Grundtöne war damit vervollständigt. Uebrigens ist die Notirung für alle diese Instrumente die gleiche, nämlich diejenige des C-Horns und diese pflegt von den Componisten eine Octave höher geschrieben zu werden, als sie klingt. Für das Es-Horn

*) Alle diese Namen beziehen sich auf die Octave des wahren Grundtones, als den ersten in der Musik brauchbaren Ton. Die kleineren Trompeten, welche unter dem Namen Pistons, Cornets, **Flügelhörner** in mannichfach abgeänderter Form, von engerem und weiterem Bau vorkommen, gehen in ihrer Stimmung noch eine Quinte höher, bis ins f_1.

z. B. ist die Notirung eine Octave weniger einer kleinen Terz höher, als der Ton selbst.

Das Waldhorn, welches in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts in Paris erfunden wurde, erhielt sehr bald die eben beschriebene Einrichtung und im Jahre 1754 fügte der Dresdener Musiker Hampel in seinen sogenannten Inventionshörnern noch einen besonderen Einsatz hinzu, welcher für kleine Veränderungen in der Stimmung diente, indem durch Herausziehen oder Hineinsenken das Horn etwas länger oder kürzer und damit in der Stimmung tiefer oder höher wurde. Im Jahre 1780 wurde diese Einrichtung von Wögel auf die Trompete übertragen; jetzt ist sie längst an allen Blechinstrumenten üblich. — Ein ganz eigenthümliches Mittel zur Vervollständigung der chromatischen Scale in der vierten Octave wurde von Charles Clagget angewendet. Er verband ein D-Horn mit einem Es-Horn so, daß beide ein gemeinschaftliches Mundstück hatten und der Wind mittelst einer Klappe nach Belieben dem einen oder anderen Horne zugeführt werden konnte. Es ergaben sich auf diese Weise folgende Töne :

8	9	10	11	12	13	14	15	16
d	e	fis	g_+	a	b_+	c_{1-}	cis_1	d_1
dis	f	g	gis_+	ais	h_+	cis_{1-}	d_1	dis_1.

Die chromatischen Töne sind alle, zum Theile sogar doppelt vorhanden, aber gis, b, h und c_1 kommen nicht rein vor und müssen also auch bei dieser Einrichtung, die ohnedem ihr Unbequemes hat, durch Treiben und Stopfen corrigirt werden.

Die Posaunen sind etwas weiter mensurirt, weil es sich bei ihnen gerade um die Benutzung der tieferen Naturtöne handelt, bis etwa zum achten, bei welchem bekanntlich der Dienst der Hörner und Trompeten, bei ihrer älteren Einrichtung wenigstens, erst eigentlich beginnt. Sowohl die weitere Mensur, als der Umstand, daß bei den Posaunen nur Naturtöne ohne jede künstliche Beihülfe zur Anwendung kommen, geben diesen Instrumenten den kräftigen und prachtvollstolzen Toncharacter, welcher sie geeignet macht, im Orchester, wie Marx sagt, das letzte Wort der Entscheidung zu sprechen.

Schon ums Jahr 1520 soll ein Posaunenmacher zu Nürnberg, Hans Meuschel, vortreffliche Posaunen verfertigt und sich als Virtuose auf denselben ausgezeichnet haben. Die Abbildung der „Busaun" in Wirdung's Musika (1511) ist indessen nicht geeignet, eine hohe Vorstellung von jenen Instrumenten zu erwecken. Zu Prätorius Zeit ist aber die Posaune ohne Frage das vollkommenste Blasinstrument gewesen, da sie allein von allen die chromatische Tonleiter in vollkommener Reinheit zu blasen gestattete. Sie erscheint darum auch äußerlich schon in einer prächtigen und geschmackvollen Ausstattung, Fig. 64, welche man bei den übrigen Blasinstrumenten des Syntagma musicum vergeblich sucht. Prätorius erkannte ihren Vorzug sehr wohl und hebt ihn in folgenden Worten hervor: „Es ist aber sonderlich dieses instrumentum musicum vor andern blasenden Instrumenten überall wol zu gebrauchen; sintemal es nach allerlei Tönen, um etwas höher und niedriger, nicht allein durch Aufsteckung und Abnehmung der Krummbügel, sondern auch allein durch Ansatz nnd Mundstück von einem geübten und erfahrenen Künstler nach seinem Gefallen, per tonos et semitonia gezwungen und gebraucht werden kann; welches sich auf anderen Instrumenten, deren Löcher mit den Fingern geregieret werden, nicht thun lässet." Die jetzt gebräuchliche Tenorposaune von 9 Fuß Länge, also in B stehend, hieß damals die rechte gemeine Posaune. Es gab außerdem eine Altposaune von 6 Fuß, in f stehend, eine Quartposaune von 12 Fuß, der jetzigen Baßposaune vergleichbar, endlich noch eine 18fußige Octavposaune, welche im heutigen Orchester durch andere Baßinstrumente ersetzt ist, da die Regierung des Auszugs einer solchen Posaune eine übermäßige Anstrengung erforderte, und nur mit einer besonders angesetzten langen Zugstange bewerkstelligt werden konnte. Auch die Baßposaune wird jetzt nur 9fußig gebaut, indem man durch etwas weitere Mensur tiefere Aliquottöne zugänglich macht, als bei der enger mensurirten Tenorposaune noch mit Sicherheit zu erreichen sind.

Betrachten wir nun die Einrichtung und das Tonsystem der Posaunen näher, indem wir sie der Einfachheit wegen vorläufig sämmtlich von 9 Fuß Länge, also in B stehend, annehmen. Die harmonische Tonreihe ist dann die folgende:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B_{-1}	B	f	b	d_1	f_1	as_{1-}	b_1	c_2	d_2

Baßposaune

Tenorposaune

Altposaune.

Um zunächst bei der Baßposaune die Lücke zwischen B und f, in welche noch die sechs halben Tonstufen H, c, cis, d, dis, e fallen, ausfüllen zu können, ist der untere Theil derselben getrennt von dem oberen und die doppelschenklige Röhre, aus welcher derselbe besteht, ist um so viel weiter gebaut, als die Röhren des oberen Theils, daß beide sich übereinander schieben, wie die Auszüge eines Fernrohrs. Durch präcise Arbeit und etwas Oel, welches zwischen die engeren und weiteren Röhren gebracht wird, erreicht man eine höchst zarte und doch zugleich luftdichte Verschiebung. Wenn der Auszug soweit eingeschoben ist als möglich, giebt die Posaune den Grundton B (derselbe ist in der That erster harmonischer Oberton), für jeden Zoll, welchen man den Auszug nach Unten verschiebt, wächst die Länge des Rohrs im Ganzen um 2 Zoll, da zwei Schenkel gleichzeitig sich verlängern. Es läßt sich hiernach berechnen, daß der Auszug 1,86 Fuß herausgeschoben werden muß, wenn der Grundton von B auf E, also um eine übermäßige Quarte herabgehen soll. Indem der Musiker die zwischen diese Grenzen fallenden Lagen richtig zu treffen weiß, erhält er beim Ausziehen nacheinander die Töne A, Gis, G, Fis, F, E und da dieß sämmtlich zweite Obertöne sind, so sind die dazu gehörigen dritten, welche eine Quinte höher liegen, gerade die zwischen f und B noch fehlenden Tonstufen e, dis, d, cis, c, H. Die höheren Obertöne sind mehr als hinreichend, um die von f aufwärts vorkommenden Lücken, welche die ganz eingeschobene Posaune noch bieten würde, auszufüllen. Für viele Töne kommen bei Benutzung aller Lagen des Auszugs mehrfache Entstehungsweisen vor, was für den ausführenden Künstler wesentliche Erleichterung mit sich bringt. Wir führen im Folgenden das Tonsystem einer Baßposaune in B übersichtlich an, so daß man mit einem Blick die Wiederholungen übersehen kann:

	2	3	4	5	6	7			
Natürl. Stellung	B	f	b	d_1	f_1	gis_1-			
1. Auszug	A	e	a	cis_1	e_1	g_1-			
2.	Gis	dis	gis	c_1	dis_1	fis_1-	gis_1		
3.	G	d	g	h	d_1	f_1-	g_1		
4.	Fis	cis	fis	b	cis_1	e_1-	fis_1	gis_1	
5.	F	c	f	a	c_1	dis_1-	f_1	g_1	
6.	E	H	e	gis	h	d_1-	e_1	fis_1	gis_1
	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Von E bis dis kommen die Töne nur einfach vor, bei e beginnen die Doubletten, d_1 kommt bereits dreimal, gis_1 viermal vor. Nicht alle Töne sind aber gleich rein, so z. B. sind die der siebenten Ueberblasung alle etwas zu tief, doch können sie, da die Abweichung nicht bedeutend ist, durch Treiben leicht auf die rechte Höhe gebracht werden, wenn die musikalische Figur die Anwendung eines solchen Tones gerade als besonders bequem erscheinen läßt.

Die Tenorposaune ist etwas enger gebaut, als das soeben betrachtete Instrument, um die höheren Obertöne mehr ins Uebergewicht zu bringen. Da die Tenorposaune erst vom zweiten Obertone an benutzt wird, zwischen f und b aber nur vier Halbtöne liegen, so reicht man bei ihr mit vier Zügen zur Ausfüllung der Lücken aus. Bei der Altposaune, welche von noch engerer Mensur, und erst von dem dritten Obertone an gebräuchlich ist, genügen schon drei Züge. Wenn dessenungeachtet bei diesen Instrumenten sechs Auszüge angewendet werden, wie bei der Baßposaune, so gewinnen sie einestheils mehr Tiefe, anderntheils einen großen Reichthum an Tonwiederholungen, namentlich in den höheren Lagen. Die Altposaune wird übrigens auch 6,75fußig in Es ausgeführt, und ist dann bei etwas weiterer Mensur schon in ihrem dritten Obertone gebräuchlich.

Um bei dem Horn und der Trompete auch die tieferen Lagen brauchbar zu machen, wandte man auf sie das Princip der Seitenlöcher und Klappen an. 1770 wurde von Kölbel in Petersburg das Klappenhorn, 1801 von Weidinger in Wien die Klappentrompete erfunden. Allein es zeigte sich bald, daß diese vermeintliche Verbesserung der Blechinstrumente deren eigenthümlichen Toncharacter in hohem Grade beeinträchtigte, wo nicht ganz aufhob. Wenn man die Blechinstrumente kürzer und weiter baut, so daß die Grundtöne sich erreichen lassen, so verlieren sie nur wenig von dem

hellglänzenden und doch elastisch quellenden Toncharacter, welcher die harmonischen Obertöne der engmensurirten Röhren auszeichnet. Eine bedeutendere Abänderung der Klangfarbe aber erleiden sie durch die Seitenlöcher und Klappen, welche schon der technischen Ausführbarkeit wegen von weiterer Mensur begleitet sind. „Der Wind steht nicht in den Klappenhörnern, sondern fährt zu den Seitenöffnungen hinaus“ sagen die Musiker, welche die Blechinstrumente der alten Art zu blasen gewöhnt sind.

Fig. 77. Baß-Ophicleide.



Bei dem Uebergang von einem harmonischen Oberton zum andern müssen die Schwingungsknoten sich in den Röhren der Blasinstrumente versetzen. Diese oft verwickelten Uebergänge von einer Abtheilungsart zu andern, verbunden mit den engeren oder weiteren Sprüngen der Schwingungsknoten, verhindern, daß die Töne mit solcher Geläufigkeit nacheinander angegeben werden können, wie dieß bei den Blasinstrumenten aus Holz

der Fall ist. Es bleibt auch bei der größten Uebung des Künstlers immer etwas Plötzliches, Abgestoßenes in der Tonfolge. Das Klappenhorn und die Klappentrompete sind begreiflicher Weise von diesem Mangel frei. Nichtsdestoweniger sind sie heutzutage wieder so gut, als aufgegeben, da man es vorzieht, die musikalischen Gänge, welche einen leichteren, graciöseren Uebergang der Töne durchaus erfordern, mit Blasinstrumenten aus Holz auszuführen, den Blechinstrumenten dafür aber ihren eigenthümlichen Toncharacter zu bewahren. Selbst bei den Baßinstrumenten, wie z. B. bei der in Figur 77 dargestellten 18fußigen Baß-Ophicleide, bei welchen die Anwendung der Klappen noch am Füglichsten geschehen kann, ist dieselbe nicht allgemein geworden. Die Baß-Ophicleide ist ihres weiten Baues wegen schon vom ersten Obertone an gebräuchlich, ihr Tongebiet erstreckt sich chromatisch von B_{-1} bis c_2.

Im Jahre 1814 ist von Stölzel eine sehr folgenreiche Verbesserung an den Blechinstrumenten angebracht worden, welche, ohne den Toncharacter in gleichem Grade zu beeinträchtigen, wie die Klappen, sie dennoch geeignet macht, die chromatische Scale in völliger Reinheit zu geben. Der genannte Künstler brachte die Ventile ursprünglich am Waldhorn an, sie fanden aber bald Anwendung auf alle Blechinstrumente, so daß diese seitdem als ein für sich bestehendes Musikchor auftreten konnten, welches fähig ist, Compositionen aus allen Tonarten aufzuführen.

Die Figur 78 versinnlicht eine der beiden gebräuchlichen Formen von Ventilen. A ist eine Art Hahn mit doppelter Durchbohrung, ähnlich wie sie an den Luftpumpen gebräuchlich sind. In der ersten Stellung ist aus der ganzen Röhrenlänge des Instrumentes das gebogene Rohrstück gänzlich ausgeschlossen, bei der zweiten Stellung des Hahns müssen dagegen die Schallwellen, welche von dem Mundstück ausströmen, auch noch jenes Stück mit durchlaufen, das ganze Rohr ist daher um dieses Stück verlängert und die Töne sind entsprechend tiefer. Der ausführende Musiker kann durch Niederdruck einer Taste mit größter Leichtigkeit und Präcision den Hahn aus der ersten Stellung in die zweite überführen; eine kräftige, in einer kleinen Büchse zusammengewundene Feder, treibt ihn in die erste Stellung zurück, sobald der Finger die Taste verläßt. Die einzelnen

Fig. 78.

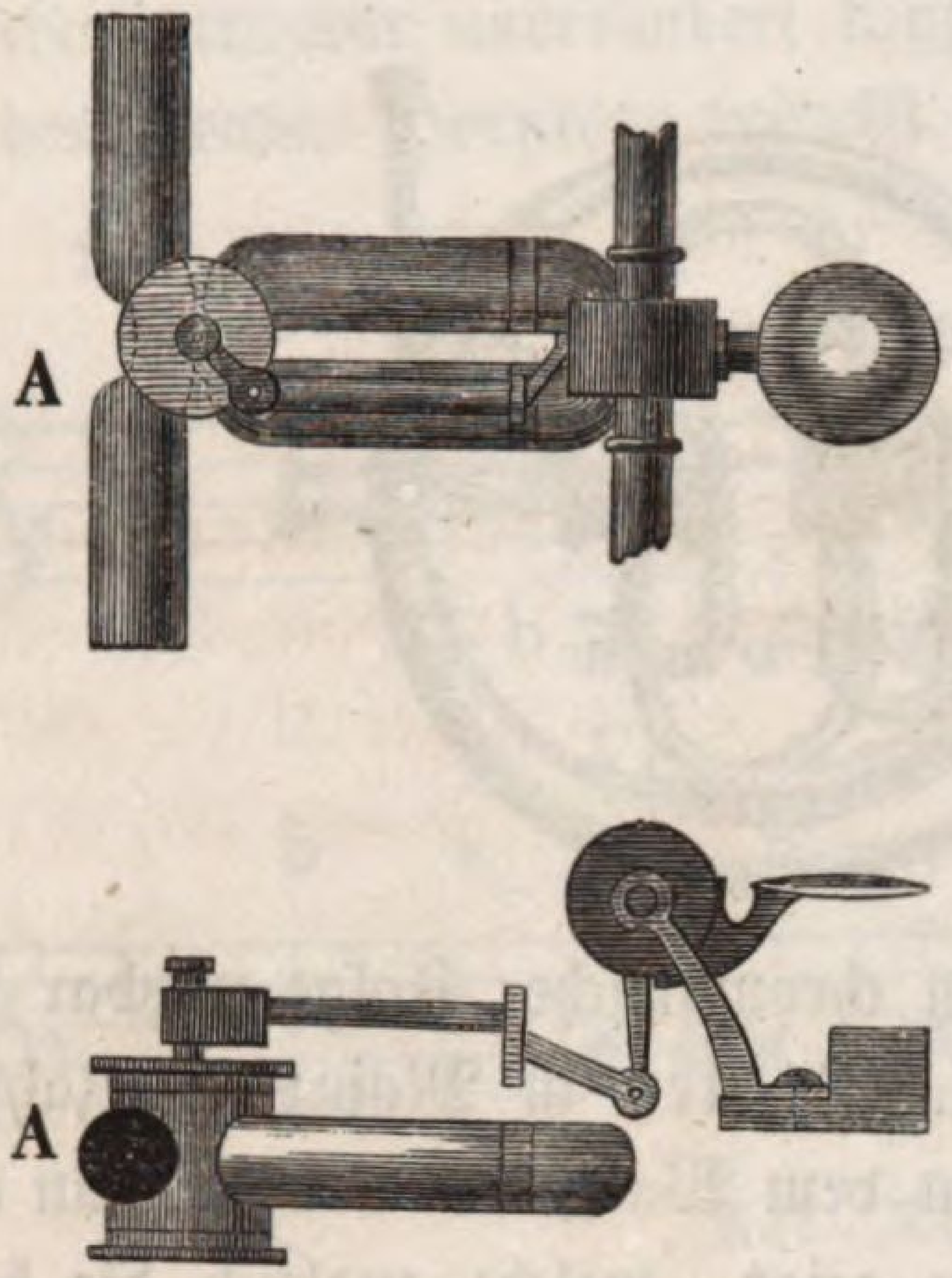
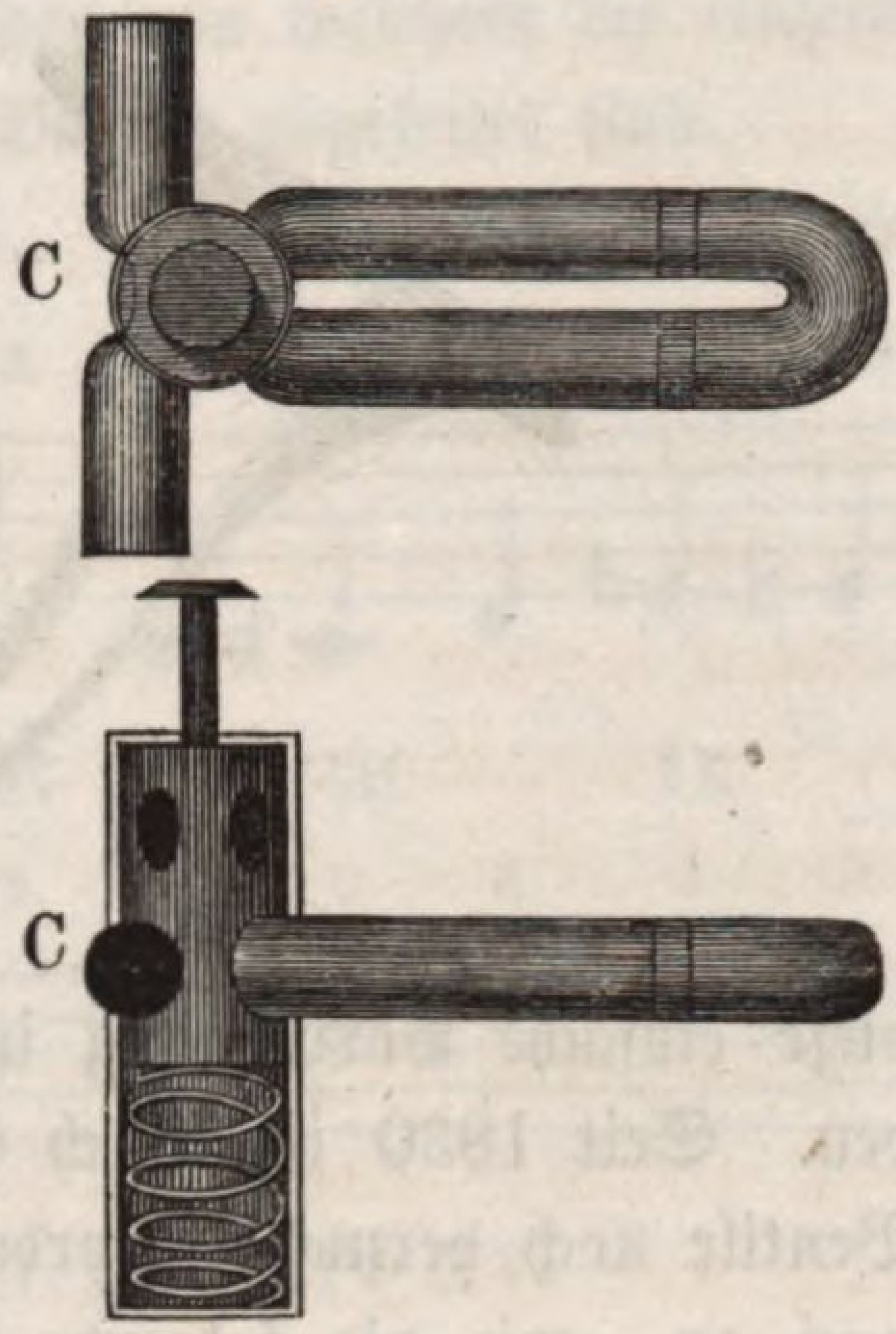


Fig. 79.

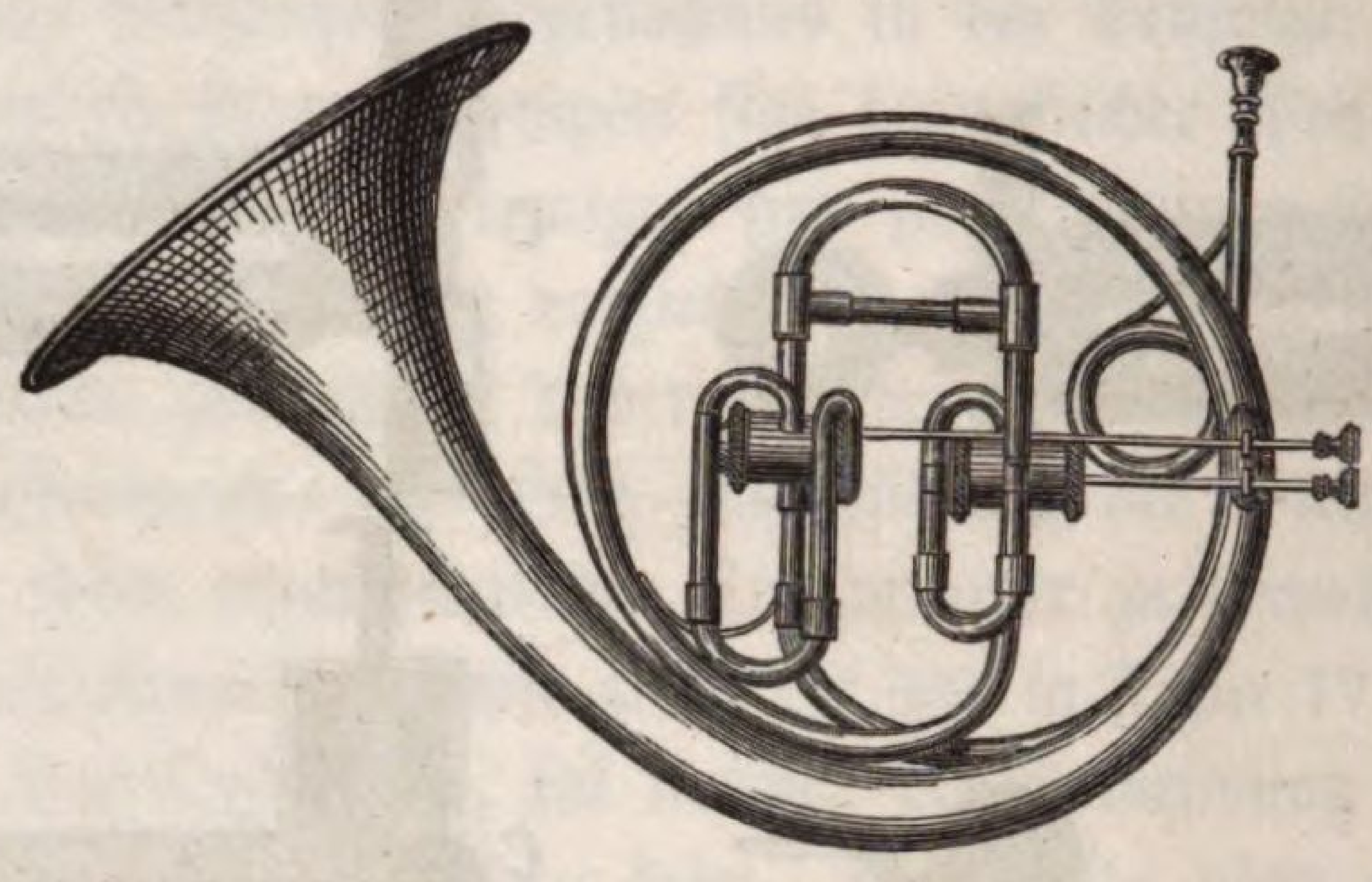


Theile des Hebels und der Kurbel müssen so beschaffen sein, daß mit dem geringsten Fall der Taste das Rad gleichförmig, rasch und leicht bis zur bestimmten Grenze gedreht werden kann.

Eine zweite Art von Ventilen, welche vorzugsweise bei Trompeten und Posaunen gebräuchlich ist, versinnlicht die Figur 79. Die Kolben sind sehr genau in die Cylinder C eingeschliffen und bewegen sich luftdicht in denselben. In der ersten Stellung ist ein gebogenes Röhrenstück aus der Verbindung mit dem Blasinstrument ausgeschlossen. Durch ein ganz ähnliches Tasten- und Hebelwerk, wie bei den Ventilen der ersten Art, können die Kolben rasch in die zweite Stellung gehoben werden, so daß die Luftsäule des Blasinstrumentes plötzlich um das gebogene Stück verlängert ist, und eben so wie dort, treibt die Kraft einer Spiralfeder die Kolben zurück, sobald der Druck des Fingers nachgiebt.

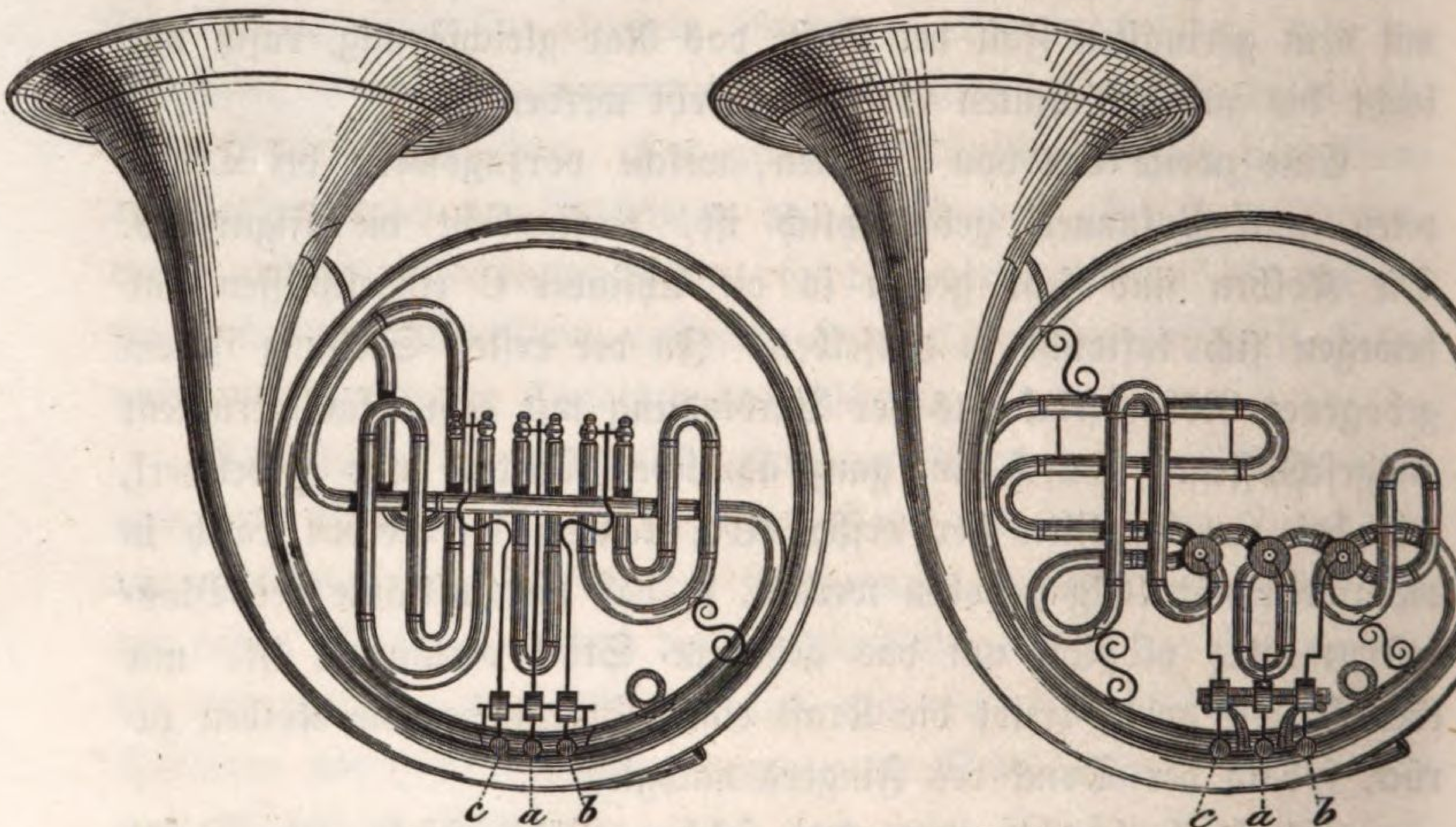
Stölzel brachte nur zwei solcher Röhrenstücke am Waldhorn an, Fig. 80, deren eines den Ton um eine halbe, das andere um eine ganze Stufe erniedrigte; bei vereinter Anwendung beider gewann man eine Erniedrigung um anderthalb Tonstufen. Ein Blick auf die Reihe der Naturtöne einer Luftsäule S. 220 lehrt, daß hiermit die Lücke zwischen c und e der dritten Octave ausgefüllt, also diese und die vierte Octave durch

Fig. 80.



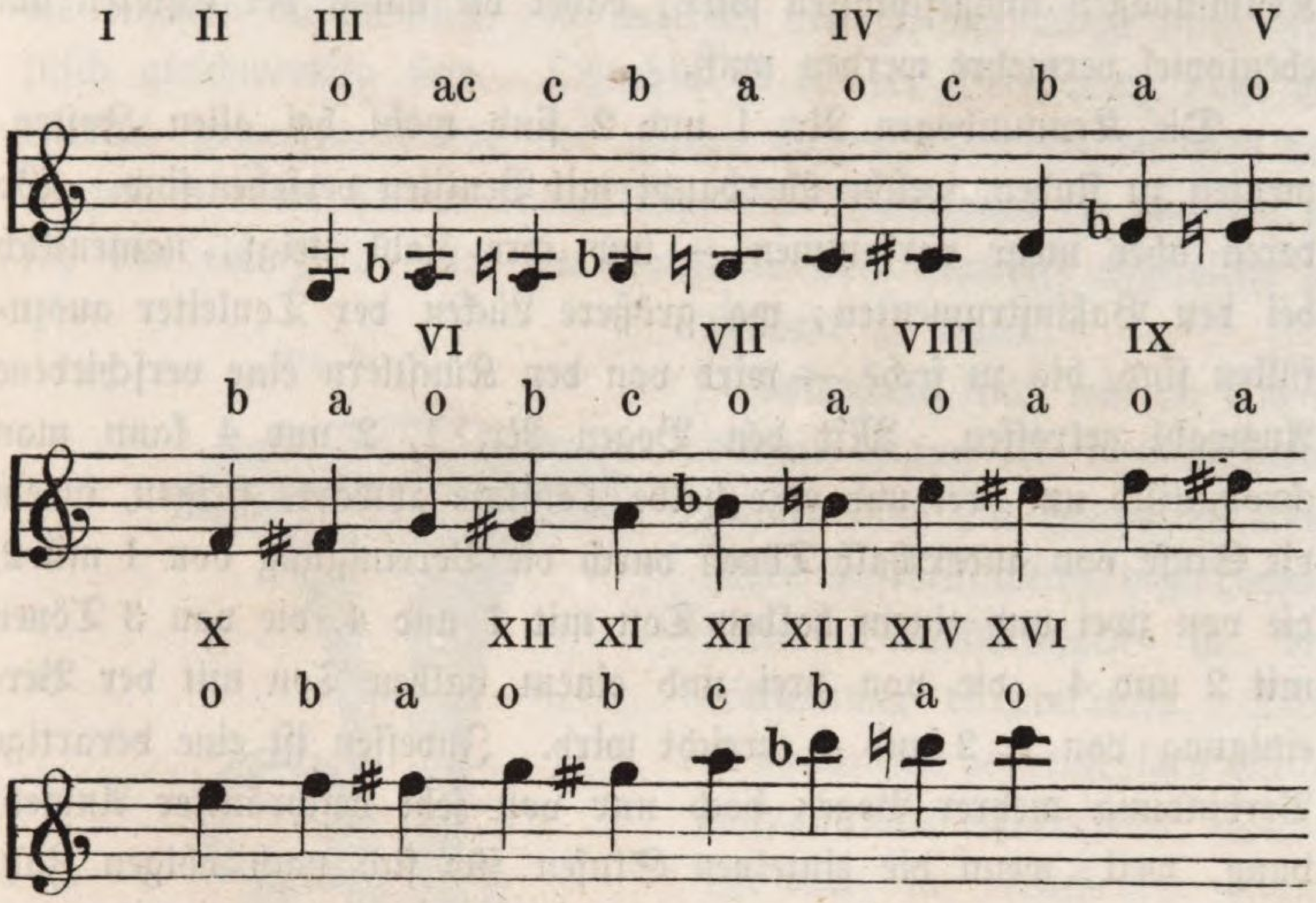
diese einfache Vorrichtung in rein chromatischer Folge nutzbar wurden. Seit 1830 ist durch C. A. **Müller** in Mainz die Zahl der Ventile noch vermehrt worden, an dem Waldhorn wendet man deren drei an, wie die folgende Figur zeigt, welche zugleich die beiden

Fig. 81.



Ventilarten nebeneinander stellt. Der dritte Bogen erniedrigt um anderthalb Töne, mit dem ersten zusammen um zwei ganze Töne. Damit ist die Lücke zwischen den Naturtönen G und c in der zweiten Octave ausgefüllt und, wie bekannt, wird das Horn von G an chromatisch benutzt. Bezeichnet man die drei Ventile der Reihe nach mit a, b und c, so ergiebt sich folgende Applicatur des Horns,

worin die römischen Ziffern die Ordnung des Naturtons bezeichnen, welcher entweder unverändert klingt, oder von welchem die einzelnen vorhergehenden Horntöne mittelst der Ventile abgeleitet sind.



Aus der Tafel der Schwingungsverhältnisse der gleichschwebend temperirten Tonleiter S. 135 läßt sich leicht entnehmen, wie lang die Röhrenstücke gewählt werden müssen, welche die Chromatik des Instrumentes vervollständigen sollen. Die natürliche Länge des Rohrs zu 1000 angenommen, ergeben sich folgende Verhältnisse:

			Unterschiede
	Natürliche Länge des Instrumentes	1000	
1.	Um einen halben Ton tiefer (kleine Secunde)	1059	59
2.	Um einen ganzen Ton tiefer (große Secunde)	1122	63
3.	Um anderthalb Töne tiefer (kleine Terz)	1189	67
4.	Um zwei Töne tiefer (große Terz)	1260	71
5.	Um zwei und einen halben Ton tiefer (Quarte)	1335	75
6.	Um drei Töne tiefer (überm. Quarte)	1414	79
7.	Um drei und einen halben Ton tiefer (Quinte)	1498	84
8.	Um vier Töne tiefer (kleine Sexte)	1587	89

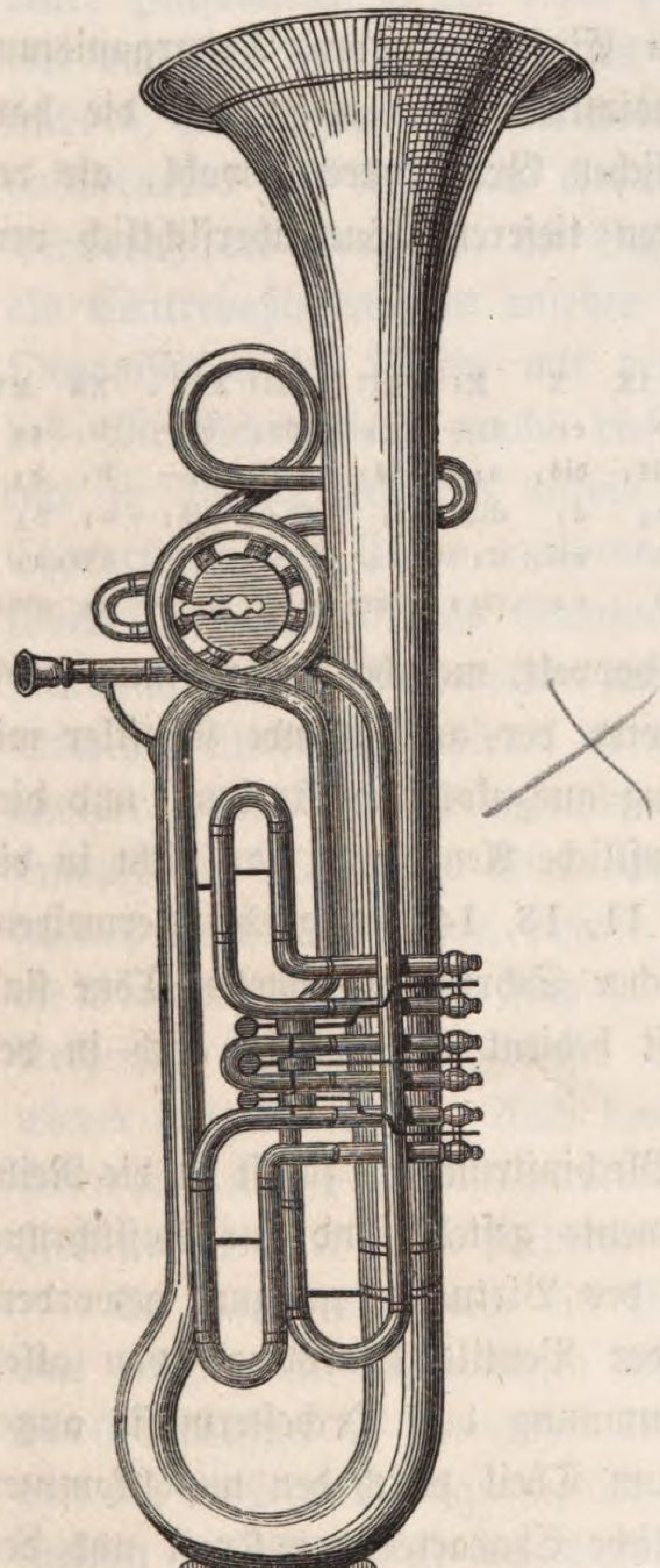
Bei dem in Es stehenden Waldhorn z. B., dessen natürliche Länge 161,4 Zolle ist, muß das erste Röhrenstück $\frac{59}{1000} \cdot 161,4 = 9,5$ Zolle, das zweite $\frac{122}{1000} \cdot 161,4 = 19,6$ Zolle, das dritte $\frac{189}{1000} \cdot 161,4 = 30,5$ Zolle lang sein u. s. w. Die Figuren 78 und 79 lassen erkennen, daß bei den Ventileinrichtungen

der ersten Art das durch die Hahnbohrung gegebene Stück an den Röhrenlängen in Abzug zu bringen ist, während bei den Ventilen der zweiten Art ein Stück des geraden Rohrs beim Gebrauch der Krummbogen ausgeschlossen wird, daher die Länge der letzteren um ebensoviel vermehrt werden muß.

Die Krummbogen Nr. 1 und 2 sind wohl bei allen Instrumenten zu finden, welche überhaupt mit Ventilen versehen sind. Wo deren aber mehr vorkommen — und ihre Zahl steigt, namentlich bei den Baßinstrumenten, wo größere Lücken der Tonleiter auszufüllen sind, bis zu sechs — wird von den Künstlern eine verschiedene Auswahl getroffen. Mit den Bogen Nr. 1, 2 und 4 kann man chromatisch um drei und eine halbe Tonstufe abwärts steigen, indem die Stufe von anderthalb Tönen durch die Vereinigung von 1 mit 2, die von zwei und einem halben Ton mit 1 und 4, die von 3 Tönen mit 2 und 4, die von drei und einem halben Ton mit der Vereinigung von 1, 2 und 4 erreicht wird. Indessen ist eine derartige Verbindung mehrer Bogen doch nur von sehr beschränkter Anwendung, weil, wenn die einzelnen Stufen für sich nach obigen Zahlen richtig bemessen sind, aus ihrer Vereinigung sich nothwendig immer ein zu hoher Ton ergeben muß, da wie die oben verzeichneten Unterschiede zeigen, die Verlängerungen nach der Tiefe hin von Halbton zu Halbton wachsen müssen. Nr. 1, 2 und 3 geben vereint eine Länge $1000 + 59 + 122 + 189 = 1370$, während man 1414 haben müßte um in der That um drei Tonstufen abwärts zu gehen. Nr. 1, 3 und 4 sollten eine Erniedrigung um vier ganze Tonstufen geben, aber die so erhaltene Länge 1508 stimmt weit besser mit dem um drei und eine halbe Stufe tieferen Ton, welcher eine Röhrenlänge 1498 erfordert, so daß dieser Ton durch gelindes Treiben mittelst der Ventile 1, 3 und 4 rein erhalten wird. In der That macht man denn auch einen derartigen Gebrauch von den Ventilen und man sieht aus diesen wenigen Beispielen, welche Mannichfaltigkeit von Combinationen bei dem Gebrauche mehrer Ventile möglich ist. Wir wollen mit deren Aufzählung den Leser um so weniger ermüden, als das wissenschaftliche Princip solcher Verbindungen aus dem Vorstehenden wohl hinreichend einleuchtet. Nur darauf haben wir noch hinzuweisen, daß bei stark konischer

Form die nach obigen Principien berechneten Bogen, welche immer an den engeren Röhrentheilen in der Nähe des Mundstücks angebracht werden, noch um Weniges verlängert werden müssen, weil die engeren Röhrenstücke mit weiteren von gleicher Länge nicht akustisch gleichwerthig sind. Ohnehin ist bei der Berechnung nicht die wirklich gemessene Länge des ganzen Rohrs, sondern die aus der ganzen oder der halben Wellenlänge des Grundtones (je nachdem es sich um ein Halb- oder ein Ganzinstrument handelt) abgeleitete zu Grunde zu legen.

Fig. 82.



Uebrigens sind, wie die Abbildungen zeigen, alle diese Röhrenansätze noch mit besonderen Auszügen versehen, welche dazu dienen, kleine Verbesserungen in der Stimmung vorzunehmen. Dieß ist namentlich bei denjenigen Blechinstrumenten erforderlich, welche, wie der in beistehender Figur dargestellte Bombardon, noch mit der von Cerveny im Jahre 1845 erfundenen Tonwechselmaschine versehen sind, durch deren Stellung gewisse Röhrenstücke in die ganze Länge des Instrumentes mit eingeschlossen werden können, so daß die Stimmung desselben um eine oder mehre halbe Tonstufen sinkt. Die Anzahl der möglichen Tonwechsel ist hierbei immer gleich der Anzahl der in die Maschine mündenden Röhren weniger einer. Die nämlichen Ventilröhren, welche bei höherer Stimmung eine reine Chromatik geben, würden bei tieferer Stimmung zu kurz sein. Durch eine

geringe Verschiebung der luftdicht schließenden Auszüge wird aber das richtige Verhältniß wieder hergestellt. Die Zahl der Ventile ist nicht immer auf drei beschränkt, wie bei dem Waldhorn, bei manchen tiefer stehenden Instrumenten steigt ihre Anzahl bis auf sechs. Bei den Baßinstrumenten kommt es begreiflicher Weise darauf an, die Lücken in den tieferen Lagen möglichst auszufüllen und selbst in die erste Octave, S. 311, noch in chromatischer Tonfolge herabsteigen zu können. Bei den enger mensurirten Trompeten und Hörnern ist dagegen das Bedürfniß zu solcher Complication nicht vorhanden.

Es dient zur vollständigeren Einsicht in den Tonorganismus der mit Ventilen versehenen Blasinstrumente, wenn wir die harmonischen Oberreihen des natürlichen Grundtones sowohl, als der durch die Ventilröhren erreichbaren tieferen Töne übersichtlich verzeichnen:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
o	C_{-1}	C	G	c	e	g	b—	c_1	d_1	e_1	f_1+	g_1	gis_1	b_1—	h_1	c_2
a	H_{-2}	H_{-1}	Fis	H	dis	fis	a—	h	cis_1	dis_1	e_1+	fis_1	g_1+	a_1—	b_1	h_1
b	B_{-2}	B_{-1}	F	B	d	f	gis—	b	c_1	d_1	dis_1+	f_1	fis_1+	gis_1—	a_1	b_1
c	A_{-2}	A_{-1}	E	A	cis	e	g—	a	h	cis_1	d_1+	e_1	f_1+	g_1—	gis_1	a_1
ac	Gis_{-2}	Gis_{-1}	Dis	Gis	c	dis	fis—	gis	b	c_1	cis_1+	dis_1	e_1+	fis_1—	g_1	gis_1

Viele Töne kommen hierbei doppelt, manche dreifach und selbst vierfach vor. Im Allgemeinen wird der ausführende Künstler mit den Aliquottönen niederer Ordnung auszukommen streben, und diejenigen Obertöne, welche ohne künstliche Aenderung gar nicht in die Tonleiter passen, wie z. B. 7, 11, 13, 14, möglichst vermeiden. Die in obiger Tabelle mit deutscher Schrift bezeichneten Töne sind diejenigen, deren sich der Hornist bedient und welche auch in der Tonleiter S. 325 verzeichnet sind.

Durch die Ventile sind die Blechinstrumente zuerst in die Reihe der übrigen musikalischen Instrumente gestellt und zur Aufführung von Solopartieen in der Hand des Virtuosen geeignet geworden. Dennoch wird die Einführung der Ventile keineswegs von allen Componisten als eine Vervollkommnung der Orchestermusik angesehen. Man behauptet, daß, zum Theil durch den unvollkommen luftdichten Schluß, der ursprüngliche Character der Kraft und des Glanzes abgeschwächt und durch die zu mannichfaltige Verwendung

der Blechinstrumente die so characteristische Wirkung der Naturtöne verloren gegangen sei. „Das Waldhorn klemmt sich in Fagotttönen herum" sagt Marx in seiner Compositionslehre, „und die Trompete spinnt, wie Herkules bei Omphale, irgend eine schäferlich sentimentale Melodie ab." „Wenn", bemerkt dieser tüchtige Theoretiker weiter, „der Character der Naturinstrumente durch die Ventile gebrochen und durch ihre unbeschränkte Verwendung geschwächt worden, so bleibt doch für jeden Componisten das Bedürfniß hervortretender Glanz- und Machtmomente bestehen. Das kann nur durch Zuziehen neuer Hülfsmittel in den Chor der Blechinstrumente befriedigt werden und hat Anlaß gegeben zur Einführung des vollständigen Ventilchors, in welchem man die hohen Cornett's in b als Discant, die es-Cornett's als Alt, das chromatische Tenorhorn als Tenor, den Tenorbaß als Barhton, die Baßtrompete als Baß und die Tuba als Contrebaßinstrument ansehen kann. Aber eben diese vollständige Organisation im Verein mit der Umgestaltung und Abschwächung des Metallcharacters macht diesen Chor dem der Holzblasinstrumente zu ähnlich und läßt mithin die Wirkung des Gegensatzes im Character beider Chöre verloren gehen. Ein reicher Chor natürlicher Trompeten ist das Glanzvollste — mit Posaunen und Pauken unterstützt, das Machtvollste und Herrlichste, was die Musik an Orchestermitteln aufzubieten vermag, der Zutritt der Tuben und anderer Ventil- und Klappeninstrumente verdunkelt den Glanz und stumpft die Macht des Eindrucks ab, — er wirkt wie die Degenscheide, welche die blanke, scharfe Klinge umschließt." Wir glauben, die Vortheile der Ventile sind so überwiegend, daß man trotz solcher Urtheile, welche ohne Zweifel viel Wahres enthalten, sie niemals wieder aufgeben wird. Auch bleibt es für einzelne Glanzeffecte dem Componisten und Orchesterdirector unbenommen, die alten einfacheren Instrumente mit ihren Naturtönen eintreten zu lassen.

Es bleibt uns noch ein Punkt zu besprechen, bezüglich dessen uns selbst zwar Erfahrungen abgehen, über welchen sich aber ausübende Künstler so übereinstimmend äußern, daß wir an der Aechtheit der zu Grunde liegenden Thatsachen nicht zweifeln können. Wir meinen das Einblasen und Verblasen gewisser Blasinstrumente, insbesondere derjenigen aus Holz, so wie das Einspielen der Streich-

instrumente. Man behauptet, daß es möglich sei, eine Clarinette oder eine Trompete durch falsches Blasen so zu verderben, daß gewisse richtige Töne schwer oder gar nicht mehr ansprechen, dafür aber jedesmal falsche Töne zum Vorschein kommen. Bei ganz neuen Streichinstrumenten sprechen viele Töne nicht mit der Zartheit und Reinheit an, wie es der Fall ist, wenn ein tüchtiger Künstler längere Zeit jene Instrumente in Behandlung hatte.

Die diesen Erscheinungen zu Grunde liegende Ursache ist eine gemeinsame und kann keine andere sein, als die Umänderung, welche die innere Textur der schwingenden Theile, bei den Blasinstrumenten der Holzwandungen, bei den Streichinstrumenten namentlich des Resonanzbodens, erleidet. Die Kraft, mit welcher eine einzige Schwingung auf die starren Theile der Instrumente wirkt, ist zwar so gering, daß es unmöglich ist, ihr einen irgend bemerkbaren Effekt zuzuschreiben. Aber wenn man bedenkt, daß bei vielen Tönen dieser Einfluß sich in einer Secunde viele hundert, ja mehre tausendmal wiederholt und daß ein Instrument Stunden und Tage lang im Gebrauche ist, so braucht man überhaupt nur die großen Wirkungen der Summirung kleiner Ursachen kennen gelernt zu haben, damit jene Aenderungen im Gefüge der Instrumentaltheile das Unbegreifliche verlieren. Man ist freilich im gewöhnlichen Leben so wenig an derartige Erfahrungen gewöhnt, daß das Fortrücken, das Drehen und Gleiten der Tische unter dem Einfluß vieler zitternder Finger eine experimentelle Aufregung in der ganzen civilisirten Welt hervorrufen konnte. Es war nöthig, daran zu erinnern, daß der Tropfen den Stein aushöhlt, daß Brücken unter dem tactmäßigen Schritte von Menschenmassen einstürzten, deren hundertfaches Gewicht, wenn in Ruhe, dem Bauwerk keine Gefahr hätte bringen können.

Etwas näher unserm Falle liegen die merkwürdigen Texturveränderungen, welche in der Metallmasse von Maschinentheilen, Eisenbahnschienen, Telegraphendrähten erfolgen, wenn diese Körper lange fortgesetzten Erschütterungen unterworfen sind. Das Eisen, das Kupfer, welche anfangs zäh und geschmeidig waren, werden allmälig unter dem Einfluß jener Bewegungen im Innern krystallinisch und brüchig. Wenn solche Umlagerungen in diesen zähen Substanzen möglich sind, wie soll man annehmen, daß das faserige Gefüge der

Hölzer von den heftigen und raschen Erzitterungen, welche das Tönen begleiten, unberührt und unverändert bleiben solle. Wenn man bedenkt, welche zahlreiche Schwingungsarten dem Holze des Resonanzbodens durch die ganze Scale eines Streichinstrumentes hinauf zugemuthet werden, so leuchtet ein, daß in der aufs Gerathewohl gewählten Holzplatte des neuen Instrumentes manche Faser jenen Schwingungen widerstreben mag. Schwache Resonanz, also magerer Ton, oder begleitende Geräusche und Mißtöne sind die Folge solcher Widerstände, welche aber durch tausendfach wiederholte Proben endlich besiegt werden*), indem das Gefüge des Holzes kleine Aenderungen erleidet, welche unserm Gesichtssinne freilich stets unzugänglich bleiben werden. Resonanzböden aus geschmeidigem Metall würden allmälig in krystallinische Structur übergehen, welche auf einer Bruchfläche sehr deutlich gegen die faserige Beschaffenheit frisch geschmiedeten und gewalzten Metalles absticht.

*) Ein in der Behandlung der Streichinstrumente erfahrener Künstler versicherte, daß bei eingespielten guten Streichinstrumenten der Bogen sogleich beim ersten Ansatz gleichsam innig mit der Saite verwachse und der Ton bei der ersten Berührung rein und klangvoll hervortrete, während bei neuen noch nicht gespielten Instrumenten ein größerer Kraftaufwand nöthig sei, um den Ton zum vollen Ansprechen zu bringen, und der Bogen in weniger homogener stetiger Bewegung, gleichsam holpernd, über die Saiten fahre. Der zum Einspielen erforderliche Kraftaufwand sei größer bei einem neuen Violoncelle, als bei einer Violine.

12. Stimmung und Tonmessung.

Zu einer völlig gleichen Stimmung aller musikalischen Instrumente gehört zunächst die Aufstellung und Bewahrung eines Normaltones von bekannter unveränderlicher Tonhöhe, welcher sich aller Orten hin mit Genauigkeit und ohne Schwierigkeiten übertragen läßt, ferner die Herstellung eines richtigen Verhältnisses sämmtlicher Töne jedes Instrumentes unter sich. Letzteres geschieht bei Saiten durch Veränderungen in der Spannung, bei Blasinstrumenten durch die Beobachtung genauer Mensuren in der ganzen Röhrenlänge, sowie in dem Abstand der Seitenlöcher, und durch kleine Veränderungen in der Deckung der Pfeifenmündungen. Wenn man bedenkt, daß in den letztvergangenen Jahrhunderten die größten Verschiedenheiten in der Instrumentenstimmung zwischen der kirchlichen und der weltlichen Musik sich behaupteten und daß es selbst heutzutage, trotz der vortrefflichen Hülfsmittel, welche die Akustik schon seit einigen Jahrzehnten an die Hand gegeben hat, keineswegs zu einer gleichen Stimmung auch nur in den besseren Orchestern der großen Hauptstädte Europa's gekommen ist, so wird man um so weniger solche Ansprüche an die musikalischen Instrumente des Alterthums stellen und in den theoretisch-musikalischen Schriften jener Zeiten Anleitung zur Herstellung einer festen Stimmung zu finden erwarten.

Die genaue Bekanntschaft des Pythagoras und seiner Schule mit den arithmetischen Verhältnissen der Technintervalle würde, da man in jener Zeit an Messungen von Schwingungszahlen nicht

dachte, völlig unbegreiflich erscheinen, wüßte man nicht, daß jener große Philosoph bereits sehr vertraut mit der Handhabung der gespannten Saite war und am Monochord alle zur Regulirung der Toninterwalle erforderlichen Abmessungen vorzunehmen wußte.

Im „Handbuch der Harmonie“, sowie in der „arithmetischen Abhandlung“ des Nikomachus wird erzählt und von Makrobius und Boëthius wird die Erzählung wiederholt, Pythagoras sei eines Tages, in Gedanken über die arithmetischen Verhältnisse der musikalischen Töne versunken, an einer Schmiede vorbei gekommen und darauf aufmerksam geworden, daß die Klänge der Hämmer, welche in regelmäßiger Abwechslung den Ambos trafen, zu dem tiefsten derselben in den Intervallen der Quarte, der Quinte und Octave standen. Er habe die Hämmer gewogen und gefunden, daß der zweite $\frac{3}{4}$, der dritte $\frac{2}{3}$, und der vierte die Hälfte von dem Gewicht des schwersten Hammers betragen. Er habe ferner gleichlange Metallsaiten mit jenen Gewichten gespannt und diese hätten dann die nämlichen consonirenden Zweiklänge gegeben, wie die Hämmer auf dem Ambos. Die wissenschaftliche Akustik hat dieser Erzählung längst das Urtheil gesprochen; die Hämmer von den angegebenen Gewichtsverhältnissen würden weder beim Anschlagen auf den Ambos jene Consonanzen geben, noch könnten sie, als spannende Gewichte angewendet, gleichlange Saiten auf jene Consonanzen stimmen. Im ersten Falle hätten die Hammergewichte sich wie die dritten Potenzen, im zweiten wie die Quadrate der Zahlen verhalten müssen, welche die oben gedachten Tonverhältnisse ausdrücken. Martin Agricola hätte es darum unterlassen können, in seiner Musica instrumentalis den Ambos sammt den Hämmern, sowie Pythagoras selbst „wie er die vier Hämmer weget“ in zierlichen Holzschnitten abzubilden.

Aristoxenus (350 v. Chr.), welcher die Pythagoräischen Zahlenbestimmungen in der Musik verwarf und dem Gehör die alleinige Entscheidung zuerkennen wollte, kehrte doch unwillkürlich zur Rechnung zurück, indem er das Tetrachord in 30 Theile eintheilte, wovon 12 auf einen ganzen, 6 auf einen halben Ton kommen. Ob die verschiedenen von ihm aufgestellten Klanggeschlechter :

Abtheilung des Tetrachords			Name des Klanggeschlechts	Tonstufen
6	9	15	Weich diatonisch	$\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{4}$
6	12	12	Syntonisch diatonisch	$\frac{1}{2}$, 1, 1
4	4	22	Weich chromatisch	$\frac{1}{3}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{3}{2} + \frac{1}{3}$
4,5	4,5	21	Fünfthalb chromatisch	$\frac{3}{8}$, $\frac{3}{8}$, $1\frac{3}{4}$
6	6	18	Toniäisch chromatisch	$\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$
3	3	24	Enharmonisch	$\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$, 2

in der practischen Musik irgend zur Anwendung gelangt sind, läßt sich jetzt nicht mehr mit Sicherheit entscheiden; stimmen konnte man sie aber sicher nur mit Hülfe der Abmessungen auf dem Monochord. Welche Hochachtung wir auch dem feinen Gehör des Aristoxenus zollen mögen, an der Stimmung der künstlichen Eintheilungen obiger Klanggeschlechter hätte es scheitern müssen. Wir theilen in unserer heutigen diatonischen Tonleiter das Intervall der Quarte, welche mit einem griechischen Tetrachord übereinstimmt, in zwei ganze und eine halbe Tonstufe, ähnlich dem zweiten der obigen Klanggeschlechter. Als ein Beweis, daß die griechischen Theoretiker das Monochord schon mit Aufmerksamkeit und Genauigkeit handhabten, kann die Thatsache gelten, daß der 50 Jahre nach Aristoxenus lebende Euklid bereits darauf aufmerksam machte, daß die Quarte kleiner sei als zwei und eine halbe, die Quinte kleiner, als drei und eine halbe Tonstufe. Hätte man damals schon Anwendung von Harmonieverbindungen gemacht, so würde jene Bemerkung Euklid sicher auf die Erfindung einer Temperatur in der Stimmung geführt haben, wovon sich aber weder in seinen Schriften, noch in denjenigen irgend eines andern Musikschriftstellers des Alterthums eine Spur findet.

Die griechischen Theoretiker in den ersten Jahrhunderten vor und nach Christi Geburt begnügten sich mit der Unterscheidung dreier Klanggeschlechter, des diatonischen, chromatischen und enharmonischen. Didymus, welcher unter Nero lebte, und Ptolemäus geben für dieselben folgende Eintheilung des Tetrachords:

Klanggeschlecht	Töne des Tetrachords				Tonstufen
	H	c	d	e	
Enharmonisch	120	116	112	90	$\frac{29}{30}$, $\frac{28}{29}$, $\frac{45}{56}$
Chromatisch	120	112	108	90	$\frac{14}{15}$, $\frac{27}{28}$, $\frac{5}{6}$
Diatonisch	120	112	101	90	$\frac{14}{15}$, $\frac{9}{10}$, $\frac{8}{9}$

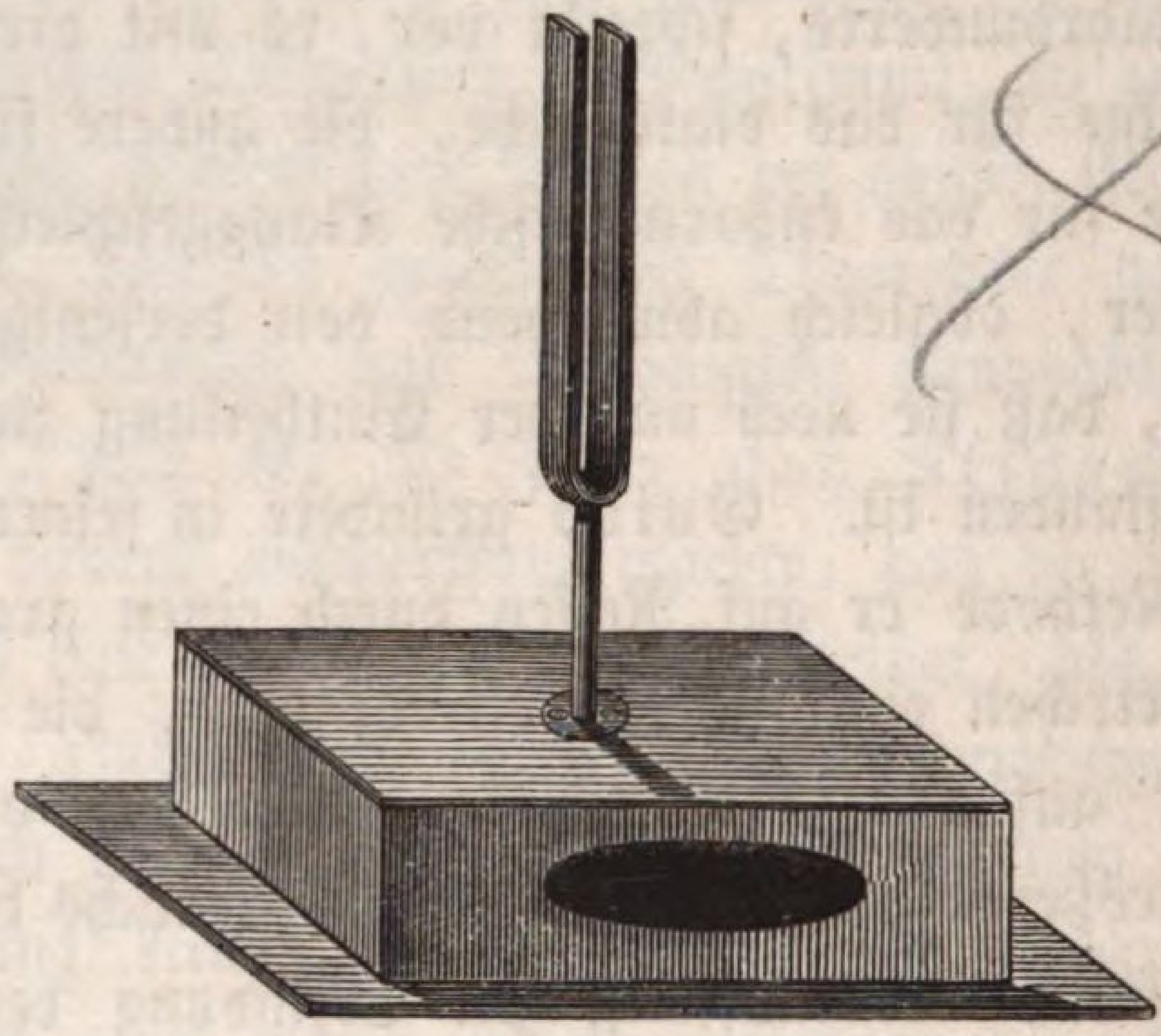
Die nämlichen Klanggeschlechter werden, freilich mit anderer Eintheilung der Töne, noch bis heute in den musikalischen Werken fortgeführt, obgleich die gleichschwebend temperirte, chromatische Scale eigentlich die einzige ist, welche man dem Bau der musikalischen Instrumente zu Grunde legt.

Ein Mittel zur Bewahrung eines unveränderlichen Normaltones haben die Griechen und Römer nicht besessen. Ihre Saiten von leinen Garn oder Thierdärmen hätten, auch wenn sie an sich weniger veränderlicher Natur gewesen wären, doch dazu nicht dienen können, da man in die physikalischen Gesetze der Saitenschwingungen eine zu geringe Einsicht hatte. Das Monochord aber blieb noch mehr als ein Jahrtausend nach Christi Geburt das einzige Mittel zur Bestimmung relativer Tonverhältnisse. Huckbald, ein Schriftsteller des 9. Jahrhunderts, schreibt vor, es mit drei Eintheilungen zu versehen, eine für das diatonische, die andere für das chromatische, die dritte für das enharmonische Klanggeschlecht. Seine diatonische Tonleiter, obgleich abweichend von derjenigen des Ptolemäus, beweist, daß sie noch aus der Eintheilung zweier getrennten Tetrachorde entstanden ist. Guido gründete in seinem Gesangunterricht, dessen Methode er auf Reisen durch einen großen Theil Europa's in den Kirchen einzuführen bestrebt war, die erste Einübung der Singschüler auf den Gebrauch des Monochord's. Die Tasten, welche er zur größeren Bequemlichkeit des Gebrauchs daran anbrachte, haben wahrscheinlich Veranlassung zur Erfindung des Claviers gegeben, dessen erste Spuren ins elfte Jahrhundert zurückgehen.

Aber noch ehe dieses Instrument in Gebrauch kam, war ein anderes Tasteninstrument, die Orgel, bereits zu weiterer Verbreitung und großem Ansehen gelangt. Die Stimmung derselben ist zwar durch die Mensur der Pfeifen, und bei den Schnarrwerken außerdem noch durch die Länge, die Dicke und Steifigkeit der Zunge, gegeben, allein daran konnte man in jener Zeit noch weniger als heute denken, daß alle diese Elemente so genau hergestellt und so unveränderlich bewahrt würden, um eine nachträgliche Stimmung der Orgel überflüssig zu machen. Um die Orgeln verschiedener Kirchen auf gleiche Höhe zu bringen, auch wohl um das gegenseitige Verhältniß der Töne einer Octave auf dem nämlichen Instrument leicht

herzustellen, bediente man sich der Stimmpfeife, einer Labialpfeife, in welcher ein mit weichem Leder umgebener Kolben luftdicht auf und abgeschoben werden konnte. An dem Stab des Kolbens befanden sich Theilstriche, bis zu welchen man ihn einsenken mußte, damit die Pfeife die darangeschriebenen Töne gab. Offenbar waren aber die Normaltöne auf diese Weise nur sehr unvollkommen festgestellt, da der Ton einer Pfeife bei stärkerem Anblasen beträchtlich in die Höhe geht. Weit vorzüglicher sind, zu dem Zwecke der Bewahrung eines Normaltones und seiner Uebertragung bei der Stimmung, die im Laufe des 18. Jahrhunderts in Gebrauch gekommenen Stimmgabeln, welche meist auf den Ton a_1 abgestimmt sind.

Fig. 83.



Dieselben werden zwar gewöhnlich an dem Fuße mit den Fingern gefaßt, auf eine ihrer Zinken aufgeschlagen, und dann, um den Ton durch Resonanz zu verstärken, mit dem Fuß auf eine geeignete Unterlage, z. B. auf die Tischplatte, aufgesetzt. Wenn es sich aber um die größte Schärfe in der Tonbestimmung handelt, muß die Mittheilung höherer Temperatur durch die Hand vermieden werden. Die Stimmgabeln bleiben darum auf Resonanzkästchen fest aufgeschraubt und werden mittelst belederter Hämmerchen angeschlagen, sie klingen dann über eine Minute lang deutlich hörbar fort. Einem sehr feinhörigen Beobachter entgeht es nicht, daß ihr Ton beim Abklingen sich etwas in die Höhe zieht; es ist dieß jedoch so wenig

merklich und der Gebrauch der Stimmgabel dagegen so bequem, daß man auch W. Weber's compensirter Zungenpfeife den Vorzug nicht gegeben hat, obgleich die letztere den Vortheil hat, vom leisesten Hauche bis zum stärksten Klange auf absolut gleicher Tonhöhe zu beharren und zudem frei von allen höheren Beitönen zu sein.

Von der Zeit an, zu welcher die weltliche Musik selbständig wurde und sich der Instrumentalbegleitung im höheren künstlerischen Sinne bediente, also etwa mit dem Beginne des 17. Jahrhunderts, treten auch mehre Arten der Stimmung von ungleicher Höhe auf. Die Stimmung der ausschließlich der weltlichen Musik gewidmeten Instrumente, der Kammerton, stand eine ganze Tonstufe tiefer, als die Stimmung der Kirchenorgeln, welche der Chorton genannt wurde. Die erste Veranlassung zu diesem Unterschiede ist zwar unbekannt, doch sieht man ein, daß bei den Orgeln die Sparsamkeit schon ein Motiv sein mußte, den hohen Chorton beizubehalten; da die Ausgaben für eine größere Orgel sich nicht unwesentlich verringern, wenn die Pfeifen des tiefsten Tones sämmtlicher Register wegfallen und dafür an der obersten Grenze eine kleine Pfeife in jedem Register zuzusetzen ist. Der nämliche Beweggrund war wohl Veranlassung, daß manche Orgeln in der sogenannten Cornettstimmung angelegt wurden, welche noch eine kleine Terz höher stand, als der Chorton.

Die Angaben des Prätorius über das gegenseitige Verhältniß der gebräuchlichen Stimmungen weichen übrigens von der obigen Darstellung wesentlich ab. Er klagt über die geringe Uebereinstimmung der Instrumentenmacher, deren jeder ohne Rücksicht auf den anderen seine Instrumente in die beste Stimmung zu setzen suche. „Dann je höher ein instrumentum in suo modo et genere, als Zincken, Schalmeyen und Discantgeigen, intonirt seyn, je frischer sie lauten und resoniren; hergegen je tiefer die Posaunen, Fagotten, Bassanelli, Bombardoni und Baßgeigen gestimbt seyn, je gravitätischer und prächtiger sie einherprangen.“ Er bemerkt weiterhin: „Darumb lasse ich mir den Unterscheidt, da man zu Prag und etlichen andern katholischen Capellen den Thon in Chorthon und Cammerthon abtheilet, auß dermassen wol gefallen. Dann daselbsten wird der itzige gewöhnlicher Thon, nach welchem nun mehr fast

alle unsre Orgeln gestimmet werden, Cammerthon genennet, und allein vor der Tafel und in conviviis zur Fröhlichkeit gebraucht; welches dann vor Instrumentisten am bequemsten. Der Chorthon aber, welcher um einen ganzen Thon tiefer ist, wird allein in der Kirchen gebraucht um der Vocalisten willen, damit dieselben nicht sobald der höhe wegen heischer werden mögen. In Engelland haben sie vorzeiten und in den Niederlanden noch anitzo ihre meiste blasende Instrumenta umb eine tertiam minorem tiefer, als itzo unser Cammerthon intoniret und gestimbt; auch in Italia und andern katholischen Capellen deutsches Landes ist itztgedachter niedriger Thon gar sehr im Gebrauch; sintemahl etliche Itali an dem hohen singen kein gefallen; vermeynen, es habe keine art, könne auch der Text nicht wohl vernommen werden, man krähe, schreye und singe in der höhe gleich wie die Grasemägde."

Da bei kirchlichen Festen nicht selten andere Instrumente in Begleitung der Orgel zu musikalischen Aufführungen mitwirken, so müssen diese entweder transponiren, d. h. aus D dur spielen, was auf der Orgel in C dur ausgeführt wird, oder ihr Bau muß von Vornherein auf den Chorton eingerichtet sein. Daher trifft man jetzt noch auf dem Lande und in kleinen Städten, in welchen kein selbständig constituirtes Orchester besteht, namentlich die Blechinstrumente, in jener höheren Stimmung an. Erst in neuerer Zeit haben die Erbauer von Orgeln angefangen, den Chorton aufzugeben, und sich der in der weltlichen Musik angenommenen Stimmung anzuschließen. Leider ist diese selbst aber weder eine an verschiedenen Orten genau übereinstimmende, noch eine an dem nämlichen Orte unveränderliche. Der erste Umstand erklärt sich genügend aus der Schwierigkeit genauer akustischer Bestimmungen, welche erst in den letztvergangenen Jahrzehnten in der Art überwunden worden sind, daß der Musiker einen Gewinn daraus zu ziehen vermag. Es folgen hier zur Vergleichung die Messungen einiger zuverlässiger Physiker.

Ort	Schwingungen des a,	Zeit	Beobachter
Paris:			
Königl. Kapelle	409	1788	Pfeifer
Große Oper	431	1821	Fischer
	434	1833	Scheibler
	449	1855	Lissajous

Ort	Schwingungen des a_1	Zeit	Beobachter
Paris:			
Italien. Oper	424	1821	Fischer
	439	1833	Scheibler
	441	1833	—
Komische Oper	428	1821	Fischer
Conservatorium	435	1833	Scheibler
Wien:			
An verschied. Theatern	434 bis 445	1833	Scheibler
Dresden:	439	1852	Opelt
Berlin:	437	1821	Fischer
	442	1833	Scheibler
Petersburg:	417	1771	Petersb. Akademie
	437	1796	Sarti
	453		Chladni
	460		—

Die letzten Zahlen der Petersburger Stimmung sind zwar nicht vollständig verbürgt; allein unverkennbar giebt sich in den Veränderungen der Stimmung in der großen Oper zu Paris und zu Petersburg ein Streben nach größerer Höhe kund und die nämliche Wahrnehmung macht man an den meisten großen Opern, so daß der Kammerton den früheren Chorton wohl bald erreicht hat. Es ist wahrscheinlich, daß diese fortwährende Steigerung der Stimmung durch das Streben nach immer grelleren musikalischen Effekten hervorgerufen ist. Auch tönen die Saiten der Streichinstrumente bei der stärkeren Anspannung, welche die höhere Stimmung nothwendig macht, etwas klingender und heller; aber für die Singstimmen, welchen nun einmal von der Natur eine bestimmte Stellung im Tonreiche angewiesen ist, wirkt jene Steigerung verderblich. Es wäre in jeder Beziehung vortheilhaft, wenn der Scheibler'sche Vorschlag, welcher von der Naturforscherversammlung zu Stuttgart im Jahre 1834 unterstützt wurde, das a_1 zu 440 Schwingungen anzunehmen, bald allgemeinen Eingang fände. Nicht nur würden dann die Präcision und die feineren Vervollkommnungen im Bau aller musikalischen Instrumente lohnender sein, und die Singstimmen würden ihrer Leistungsfähigkeit, an welchem Orte sie auch mitzuwirken hätten, sicher sein, sondern der Componist würde auch in den Stand gesetzt, die musikalische Wirkung seiner Werke in allem Detail der Instrumentirung auf das Genaueste bemessen und voraus

bestimmen zu können, während dieß jetzt, wo die Stimmungen der Wiener Theater z. B. unter sich mehr als einen Viertelton, die tiefste Stimmung in Paris von der höchsten in Petersburg mehr als einen halben Ton abweichen, nicht möglich ist.

Die relativen Mensuren, welche Huckbald, der flandrische Mönch, zu Ende des 9. Jahrhunderts für die Orgelpfeifen aufstellt, sind ganz nach seiner auf dem Monochord abgetheilten Tonleiter bemessen,

c		d		e		f		g		a		h		c_1
1		$\frac{9}{8}$		$\frac{81}{64}$		$\frac{4}{3}$		$\frac{3}{2}$		$\frac{27}{16}$		$\frac{243}{128}$		2
	$\frac{8}{9}$		$\frac{8}{9}$		$\frac{243}{256}$		$\frac{8}{9}$		$\frac{8}{9}$		$\frac{8}{9}$		$\frac{243}{256}$	

welche, wie schon bemerkt, ohne Rücksicht auf Harmonie eine Eintheilung zweier getrennter Tetrachorde repräsentirt. Es ist dem Leser vielleicht nicht ohne Interesse, mit einem Blick übersehen zu können, wie nahe Huckbald's Bestimmungen den rein harmonischen Verhältnissen, sowie denjenigen unserer temperirten Scale kamen:

Längenverhältnisse der Pfeifen

Töne	nach Huckbald	nach der gleichschweb. Temperatur	nach harmonisch reinen Verhältnissen
c	1,0000	1,0000	1,0000
d	0,8888	0,8908	0,8888
e	0,7901	0,7937	0,8000
f	0,7500	0,7492	0,7500
g	0,6667	0,6674	0,6667
a	0,5926	0,5946	0,6000
h	0,5268	0,5297	0,5333
c_1	0,5000	0,5000	0,5000

Da zu kurze Pfeifenmensuren zu hohen Tönen entsprechen, so ergiebt sich aus dieser Uebersicht, daß Terzen, Sexten und Septimen zu hoch, die Quarte dagegen um sehr wenig zu tief war. Um die Pfeifen ganz rein gestimmt zu erhalten, konnte man zu jener Zeit nicht wohl anders verfahren, als daß man die auf dem Monochord abgemessenen Töne auf eine Stimmpfeife übertrug und dieser dann eine schickliche Stellung auf der Orgel anwieß, um nach ihr zu stimmen.

Als endlich gegen das sechzehnte Jahrhundert hin die rein harmonische Tonleiter:

c	d	e	f	g	a	b	h	c_1
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{16}{9}$	$\frac{15}{8}$	2

an die Stelle der obigen trat, war das Ohr durch etwa 800jährige Uebung in der Schätzung harmonischer Intervalle verfeinert genug, um ihm die unmittelbare Reinstimmung derselben anvertrauen zu können.

Weit mißlicher war das Stimmen nach dem Gehör, nachdem eine tiefere Einsicht in die Aufgabe der Musik und die Beschaffenheit unsres Tonsystems an die Stelle der rein harmonischen Verhältnisse die gleichschwebend temperirten gesetzt hatte. Da 12 aufeinander gebaute Quinten zu einem Ton führen, welcher nur wenig höher ist, als die siebente Octave des Grundtones, von welchem man ausging, so erlaubt man sich die letzte Quinte der siebenten Octave gerade gleichzusetzen und indem man die Abweichung von der Reinheit auf die 12 Quintenintervalle gleich vertheilt, entsteht die gleichschwebende Temperatur. Wenn wir auf die im vierten Abschnitte gebrauchte logarithmische Messung der Tonintervalle zurückkommen und die Octave in 1000 Theile getheilt annehmen, so kommen deren auf die reine Quinte 585. Zwölf solcher Quinten geben 7020, sieben Octaven nur 7000; jedes der zwölf Quintenintervalle muß daher um $\frac{20}{12} = 1{,}67$ Theile kleiner genommen werden und dieß ist die Aufgabe, welche der Stimmer einer Orgel oder eines Piano's mit dem Gehör lösen soll.

Gesetzt, er habe zuerst den Ton a_1 von der Stimmgabel auf das zu stimmende Instrument übertragen, so stimmt er die höhere Quinte e_2 zuerst rein und läßt sie dann, wie die Musiker sich ausdrücken „etwas abwärts schweben.“ Die so temperirte Quinte überträgt er eine Octave abwärts auf e_1, ohne in der Reinheit hierbei das Geringste nachzugeben, da die Octaven auch nicht die kleinste Abweichung vertragen, ohne das Ohr zu beleidigen. Von e_1 schreitet nun die Stimmung in einer temperirten Quinte aufwärts auf h_1, dann in einer Octave abwärts auf h, von welchem dann in zwei aufeinanderfolgenden temperirten Quinten zu fis_1 und cis_2 aufgestiegen wird. Der Stimmer setzt dieses abwechselnde Steigen in temperirten Quinten und Fallen in reinen Octaven so lange fort, bis er, nachdem alle Töne der chromatischen Tonleiter zwischen b

und e_2 einmal betroffen waren, bei der zwölften Quinte zu a_1 zurückkehrt. Jetzt erst bietet sich dem Künstler die nothwendige Controle. Das letzte Quintenintervall $d_1 - a_1$ muß sich als ein mit den übrigen gleichmäßig temperirtes herausstellen, wenn die Stimmung gelungen sein soll. In der folgenden Uebersicht zeigen die Nummern die Reihenfolge an, in welcher die Töne von dem Stimmer nacheinander in Anspruch genommen werden:

b	h	c_1	cis_1	d_1	dis_1	e_1	f_1	fis_1	g_1	gis_1	a_1	b_1	h_1	c_2	cis_2	d_2	dis_2	e_2
13	5	16	8	19	11	3	14	6	17	9	1	12	4	15	7	18	10	2
											20							

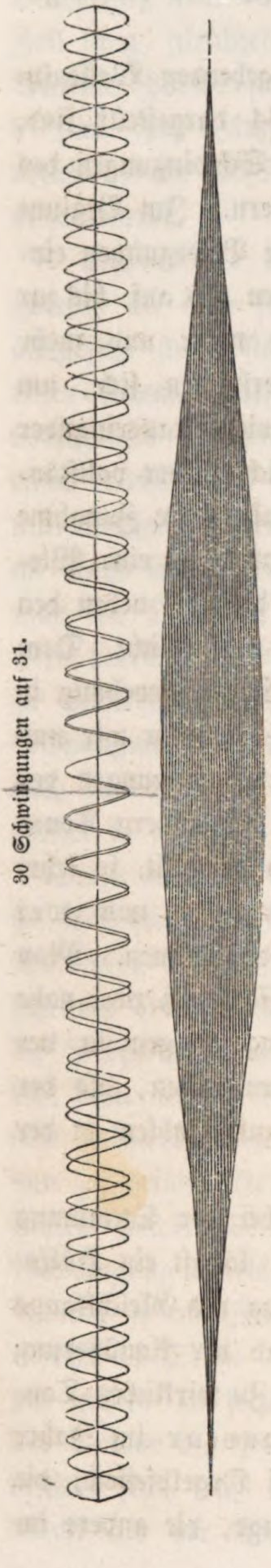
Wofern sich am Schlusse der Operation noch eine Abweichung zeigt, muß der ganze Weg von dem Stimmer nochmals zurückgelegt werden, damit er die Abweichung gleichmäßig auf die 12 Quintenintervalle vertheilen könne. Ist aber die temperirte Stimmung der obigen Tonreihe einmal richtig hergestellt, so geschieht die Uebertragung in höhere und tiefere Lagen mittelst reiner Octaven.

Man sieht, die ganze Operation besteht keineswegs in einer scharfen Messung, sondern läuft auf eine Schätzung hinaus, deren günstiges Resultat ganz durch die natürliche Feinhörigkeit und Uebung des Künstlers bedingt ist.

Es ist bemerkenswerth, daß es einem Forscher, welcher von Haus aus weder Physiker noch Musiker war, gelingen mußte, an die Stelle der seitherigen unsicheren Stimmmethode eine andere zu setzen, welche nicht blos hinsichtlich des relativen Verhältnisses der Töne, sondern auch bezüglich ihrer absoluten Schwingungszahl, den strengsten Anforderungen zu genügen vermag und zudem bei ihrer Ausübung nicht einmal ein feines musikalisches Gehör voraussetzt. Diese Methode, welche der Seidemanufacturist H. Scheibler zu Crefeld mit seltener Beharrlichkeit ausgebildet und im Jahre 1834 bekannt gemacht hat, gründet sich auf Wahrnehmungen, welche ohne Zweifel schon seit den ältesten Zeiten gemacht und im Beginne des 18. Jahrhunderts auch schon einmal von Sauveur zur Tonmessung angewendet worden waren.

Wenn man zwei Saiten beinahe auf einerlei Ton gestimmt hat und sie zusammen anschlägt, so hört man ein eigenthümliches Ab- und Zunehmen der Tonstärke, welches von den Musikern mit

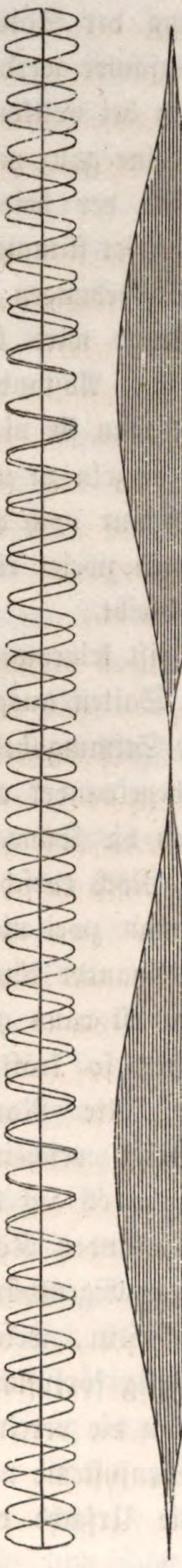
Fig. 84.



dem Namen der **Schwebungen** belegt worden ist. Je mehr sich die Stimmung der Saiten dem Einklang nähert, desto langsamer werden jene Schwebungen, bis sie endlich bei vollkommener Uebereinstimmung beider Töne ganz verschwinden. Mag man aber eine der beiden Saiten höher oder um ebensoviel tiefer stimmen, es tritt die gleiche Zahl von Schwebungen in der Secunde auf; und ihre Menge wird bei einiger Vergrößerung des musikalischen Abstandes beider Töne bald so groß, daß man sie nicht mehr zählen oder auch nur noch einzeln zu unterscheiden vermag, so daß endlich nur noch der allgemeine Eindruck der Dissonanzen zweier einander naheliegender Töne übrig bleibt.

Die beschriebene Erscheinung ist keineswegs an Töne gebunden, welche von Saiten ausgehen; zwei beinahe gleich gestimmte Stimmgabeln, gleichzeitig angeschlagen und nebeneinander auf einen Resonanzboden gesetzt, lassen die Schwebungen sehr deutlich vernehmen. Noch entschiedener treten sie hervor, wenn man zwei nicht genau unisone Orgelpfeifen nebeneinander tönen läßt; ihre Wirkung auf das Ohr ist dann namentlich in den tieferen Tonlagen so kräftig, daß der von **Scheibler** gewählte Name „Stöße" vollkommen gerechtfertigt erscheint. Die Erscheinung muß offenbar, da es auf die besondere Beschaffenheit des tongebenden Körpers gar nicht ankommt, in einer Eigenthümlichkeit der Wellenzüge begründet sein, welche zwei nahezu gleiche Töne gleichzeitig fortpflanzen; und in der That braucht man die vereinte Wirkung zweier fast unisoner Wellensysteme nur graphisch darzustellen, damit die Ursache der

Fig. 85.



30 Schwingungen auf 32.

Schwebungen oder Stöße sogleich in die Augen falle.

In den beiden vereint gehenden Wellensystemen, wie sie in Figur 84 dargestellt sind, kommen in der Secunde 31 Schwingungen des einen Tones auf 30 des andern. Im Beginne dieses Zeitabschnittes sind die Bewegungen einander entgegengesetzt und heben sich auf, bis zur Mitte hin aber nehmen sie mehr und mehr gleiche Richtung an und verstärken sich, um dann gegen das Ende hin wieder auseinander zu gehen und am Schlusse sich wieder vollständig aufzuheben. Es muß daher eine Zunahme bis zu größter Intensität und dann eine Wiederabnahme stattfinden, wie dieß die neben den Wellensystemen stehende Figur versinnlicht. Dem Gehör giebt sich dieß als Eine Schwebung in der Secunde zu erkennen. — Nehmen wir nun an, daß in der Secunde 32 Schwingungen des einen auf 30 Schwingungen des andern Tones stattfinden, wie dieß Figur 85 darstellt, so lehrt das gleiche graphische Verfahren, daß nun zwei Schwebungen auf die Secunde kommen. Man gelangt leicht zu dem Schlusse, daß zwei nahe unisone Töne zusammen angeschlagen in der Secunde so viel Stöße hören lassen, als der Unterschied ihrer Schwingungszahlen in der nämlichen Zeit beträgt.

Die Schwebungen sind bei der Stimmung des Piano's oder der Orgel längst ein Hülfsmittel gewesen, die Herstellung des Gleichklangs zweier Töne, oder den Grad der Annäherung an denselben zu beurtheilen. Zu wirklichen Tonmessungen hat sie zuerst Sauveur im Jahre 1701 benutzt. Er ließ zwei Orgelpfeifen, die eine von 5 Pariser Fuß Länge, die andere im

Verhältniß von 100 : 101 länger, also 5,05 Fuß oder 5 Fuß 0,6 Zoll lang, gleichzeitig ansprechen und da er Eine Schwebung in der Secunde hörte, schloß er daraus, daß die Luft in der Pfeife von 5' Par. Fuß Länge in einer Secunde gerade 100 Schwingungen vollende, ein Resultat, welches der Wahrheit in der That äußerst nahe kommt.

Scheibler bediente sich zu seinen Tonmessungen der Stimmgabeln, da diese so starken Tonschwankungen, wie die Pfeifen nicht ausgesetzt sind, sich leicht um sehr geringe Unterschiede höher oder tiefer stimmen lassen und die einmal angenommene Stimmung bei vorsichtiger Behandlung unverändert behaupten. Ein Strich mit einer feinen Feile über die Stirnflächen der Zinken läßt den Ton um Weniges höher werden, ebenso eine Verdünnung beider Zinken an ihren Enden durch Abfeilen auf den Seitenflächen. Vermindert man die Dicke der Zinken dagegen in der Nähe des Gabelfußes, so wird der Ton tiefer. Um das Princip der Scheibler'schen Messung zu verstehen, denken wir uns, daß eine Gabel das a von 220 Schwingungen gebe, daß aber diese Schwingungszahl selbst vorerst noch unbekannt sei. Stimmt man eine zweite, etwas höher tönende Gabel so ab, daß sie mit der ersteren zusammen angeschlagen, gerade 4 Stöße in einer Secunde giebt, so darf man daraus schließen, daß sie 4 Schwingungen mehr in der Secunde vollendet, als die erstere. Da beide Gabeln, wenn sie frei auf einem Resonanzboden aufgeschraubt sind, wohl eine Minute lang kräftig genug forttönen, um die Stöße zählen zu können, so kommt, wenn man auch voraussetzt, daß man sich bei der Bestimmung der Stoßzahl in der Minute um eine halbe Schwebung irre, doch auf die Secunde nur ein Fehler von $\frac{1}{120}$ eines Stoßes, so daß also der Unterschied der Schwingungszahlen beider Töne höchstens um den ebensovielten Theil einer Schwingung unrichtig gefunden wird. Wenn man nun fortfährt, Gabeln so abzustimmen, daß jede folgende mit der vorhergehenden, tieferen 4 Stöße in der Secunde macht, und wenn man im Ganzen gerade 55 solcher Stufen aufeinander bauen muß, bis man zu der Octave des Grundtones gelangt, von welchem man ausging, so ergiebt sich, daß die Octave 4 . 55 oder 220 Schwingungen mehr macht als der Grundton, und dieser Unterschied muß offenbar der

Schwingungszahl des Grundtones gleich sein, da dann auf die Octave die doppelte Schwingungsmenge kommt. Nimmt man nun auch den ungünstigsten Fall an, daß bei jedem Unterschied zweier nächsten Gabeln um eine halbe Schwingung gefehlt worden sei und daß man sämmtliche Unterschiede zu klein, oder alle zu groß gefunden habe, so kann der endliche Fehler in der Schwingungszahl von a doch nur $\frac{55}{120}$ oder sehr nahe eine halbe Schwingung betragen, gewöhnlich aber wird er weit kleiner sein.

Wenn man sicher wäre, ein kleineres harmonisches Intervall als die Octave in völliger Reinheit zum Grundton abgestimmt zu besitzen, etwa die große Terz, die Quarte oder die Quinte, so würde man mit einer geringeren Anzahl von Messungen die Bestimmung der Schwingungszahl von a ausführen können. Die Zahlen

Grundton		Große Terz		Quarte		Quinte		Octave
12	:	15	:	16	:	18	:	24

zeigen, daß der Unterschied zwischen Grundton und großer Terz 4mal, der zwischen Grundton und Quarte 3mal, der zwischen Grundton und Quinte 2mal zu nehmen ist, um die Schwingungsmenge des Grundtones selbst zu erhalten.

Hat man z. B. in 13 Stufen zu je 4 Schwebungen und noch einer Stufe von 3 Schwebungen vorschreiten müssen, um die große Terz des Grundtones zu erreichen, so ist $4 . 13 + 3 = 55$ der Unterschied der Schwingungszahlen beider Töne, daher $4 . 55 = 220$ die Schwingungsmenge des Grundtones. Vom Grundton bis zur Quarte würde man in 18 Stufen zu 4 Schwebungen und noch in einer Stufe zu $1\frac{1}{3}$ Schwebung aufsteigen müssen, so daß man bei dieser letztern 80 Schwebungen in der Minute zählte. In vielen Fällen aber ist es bei dieser Art von Messungen bequem, gerade eine ganze Anzahl von Stößen auf einen Pendelschlag zu zählen und darum ist es vortheilhaft, das Pendel nach Scheibler's Vorgang mit einer Theilung und Einstellung zu versehen, so daß man nach Belieben jede ganze Anzahl von Pendelschlägen, etwa zwischen 40 und 90, auf eine Minute kann gehen lassen. $1\frac{1}{3}$ Schwebung auf Pendel 60 bedeutet dann das Nämliche, wie 2 Schwebungen auf Pendel 40, oder 1 Schwebung auf Pendel 80.

Da man es nicht bequem finden wird, in größeren Stufen, als etwa 4 Stöße auf Pendel 60, vorzuschreiten, so ist einleuchtend, daß je kleiner das harmonische Intervall ist, welches man zur Messung gewählt hat, desto weniger einzelne Bestimmungen zu machen sind. Allein es wäre unrichtig, hieraus zu schließen, daß darum das endliche Resultat einem geringeren Fehler ausgesetzt sei, da die in dem kleineren harmonischen Intervall eingeschlossene Ungenauigkeit sich in mehrfacher Vergrößerung auf das ganze Octaveninterval oder die damit zusammenfallende Schwingungszahl des Grundtons überträgt.

Das ganze beschriebene Verfahren setzt voraus, daß entweder die Octave oder irgend ein anderes harmonisches Intervall rein gestimmt vorliege. Bezüglich der einfacheren Tonverhältnisse, der Octave, der Quinte z. B. kann man zwar einem einigermaßen gebildeten Gehör schon ein großes Zutrauen schenken, allein die Stöße geben auch hier ein Mittel an die Hand, welches das Verfahren dem Bereiche musikalischer Schätzung entrückt und der Stimmung der harmonischen Intervalle die ganze Schärfe beilegt, welche arithmetische Bestimmungen nothwendig besitzen.

Ob man bei zwei im Octaveninterval stehenden Tönen die Schwingungszahl des tieferen oder höheren um Eine Schwingung von der mathematisch genauen Stimmung abweichen läßt, ist bezüglich der Stoßzahl, welche man vernimmt, durchaus nicht gleichgültig. Trifft die Abweichung von Einer Schwingung, einerlei ob in Mehr oder in Weniger, den oberen Ton, so findet in der That nur Eine vollständige Coincidenz der beiden Wellensysteme während einer Secunde statt und man vernimmt daher nur Einen Stoß in diesem Zeitabschnitt, bei einer Abweichung von zwei Schwingungen zwei Stöße u. s. f. Wird dagegen die Schwingungsmenge des tieferen Tones um eine Schwingung vermehrt oder vermindert, so ändert sich sein harmonisches Verhältniß zur höheren Octave um eben so viel, als ob diese eine Verminderung oder Vermehrung von zwei Schwingungen erfahren hätte und darum ist auch die Stoßzahl die gleiche, d. h. jede Abweichung von Einer Schwingung im tieferen Tone verursacht zwei Schwebungen in der Secunde. So viel Stöße also, als man beim Erklingen einer unreinen Octave in der Secunde

zählt, um so viel ganze Schwingungen weicht der höhere Ton oder um so viel Halbschwingungen weicht der tiefere Ton von der Reinheit ab.

Es ergiebt sich hieraus ein einfaches Mittel, eine Octave mit Hülfe der Stöße rein zu stimmen. Man wählt einen Hülfston so, daß er mit dem tieferen der beiden aufeinander zu stimmenden Töne eine bestimmte Anzahl z. B. zwei Schwebungen in der Secunde macht und stimmt dann den höheren Ton der Art, daß er mit dem nämlichen Hülfston doppelt so viel, also z. B. vier Schwebungen giebt. Nur Das bleibt dem musikalischen Gehör, dafür Sorge zu tragen, daß die Abweichung beider zu stimmenden Töne gegen den Hülfston in einerlei Sinn liege, daß sie beide gegen ihn zu tief, oder beide zu hoch genommen werden.

Wenn ein Quinteninterval rein gestimmt ist, so z. B. wenn zwei Töne von 600 und 400 Schwingungen in der Secunde angegeben werden, hört man keine Schwebungen. Es wäre aber ein Irrthum anzunehmen, daß man gerade Einen Stoß vernehmen müßte, wenn einer der beiden Töne um 1 Schwingung von der reinen Stimmung abweicht. Die Abweichung vom reinen Quintenverhältniß, welche hieraus hervorgeht, ist schon bedeutender, als wenn man beide Töne gleichzeitig hätte um 1 Schwingung höher oder tiefer werden lassen, also wenn man das Schwingungsverhältniß $\frac{600+1}{400+1}$ oder $\frac{600-1}{400-1}$ gewählt hätte, und doch findet in diesen beiden Fällen während Einer Secunde nur ein einziges Zusammentreffen der beiden Wellenzüge, also auch nur 1 Stoß in der Secunde statt. Das Verhältniß $\frac{601}{401}$ ist aber so gut wie identisch mit $\frac{600-\frac{1}{2}}{400}$, oder mit $\frac{600}{400+\frac{1}{3}}$. Man ersieht hieraus, daß eine Abweichung von einer halben Schwingung am höheren Ton, oder von ein Drittel Schwingung am tieferen Ton Einen Stoß in der Secunde verursacht. Bei dem Intervall der Quinte ruft eine Abweichung von Einer Schwingung am tieferen Ton drei Stöße, eine gleiche Abweichung am höheren Ton zwei Stöße in der Secunde hervor.

Anstatt ermüdender Wiederholung ähnlicher Schlußfolgerungen für die übrigen einfacheren harmonischen Intervalle geben wir die folgende Tafel, welche die Resultate dieser Schlüsse übersichtlich enthält:

Intervall	Verhältniß	Anzahl der Stöße, welche hervorgerufen werden durch eine Abweichung von 1 Schwingung: am tieferen Ton	am höheren Ton
Einklang	1 : 1	1	1
Octave	1 : 2	2	1
Doppeloctave	1 : 4	4	1
Quinte	2 : 3	3	2
Quarte	3 : 4	4	3
Gr. Terz	4 : 5	5	4
Kl. Terz	5 : 6	6	5
Gr. Sexte	3 : 5	5	3
Kl. Sexte	5 : 8	8	5
Septime	5 : 15	15	8

Die Rechnung giebt Mittel an die Hand, für jeden Bruch, wie z. B. $\frac{5}{3}$, $\frac{8}{5}$.. einen durch noch einfachere Ziffern ausgedrückten Näherungswerth zu finden, so beschaffen, daß jeder andere Quotient entweder aus größeren Zahlen besteht, oder sich weiter von dem gegebenen Verhältnisse entfernt. Zu $\frac{5}{3}$ und $\frac{8}{5}$ sind diese Näherungsbrüche z. B. $\frac{2}{1}$ und $\frac{3}{2}$. Eine geringere Abweichung von dem reinen Verhältniß der kleinen Sexte $\frac{800}{500}$, als durch den Quotienten $\frac{800+3}{500+2}$ ausgedrückt ist, läßt sich nur mit größeren Veränderungen der beiden in dem Sextenintervall stehenden Töne erreichen. Die Wellenzüge der Töne 803 und 502 haben aber in der Secunde nur Eine Coincidenz, man hört darum auch nur Eine Schwebung. An die Stelle des Verhältnisses $\frac{803}{502}$ lassen sich aber auch $\frac{800-\frac{1}{5}}{500}$ oder $\frac{800}{500+\frac{1}{8}}$ setzen, so daß man deutlich hieraus ersieht, daß bei dem Verhältniß der kleinen Sexte 1 Stoß in der Secunde einer Abweichung des oberen Tones von $\frac{1}{5}$, des unteren von $\frac{1}{8}$ Schwingung entspricht.

Die mitgetheilte Tafel giebt aber auf die Frage, wie ein beliebiges harmonisches Intervall mittelst Schwebungen rein zu stimmen sei, bestimmte und einfache Auskunft. Hat man z. B.,

um das Intervall der großen Terz zu stimmen, einen Hülfston gewählt, welcher 5 Stöße in der Secunde mit dem tieferen Tone giebt, so ist dann der höhere Ton gegen den Hülfston so abzustimmen, daß man 4 Schwebungen in der Secunde vernimmt.

Die Anwendung der Hülfstöne ist überhaupt der Nerv der Scheibler'schen Methode. Gesetzt man habe mit Benutzung der Mittel, welche diese Methode so reichlich bietet, 12 Gabeln so auf die gleichschwebende Temperatur abgestimmt, daß sie gerade die einzelnen Tonstufen der eingestrichenen Octave angeben:

c_1	cis_1	d_1	dis_1	e_1	f_1	fis_1	g_1	gis_1	a_1	b_1	h_1	c_2
261,6	277,1	293,6	311,1	329,6	349,2	370,0	391,9	415,3	440	466,2	493,8	523,2

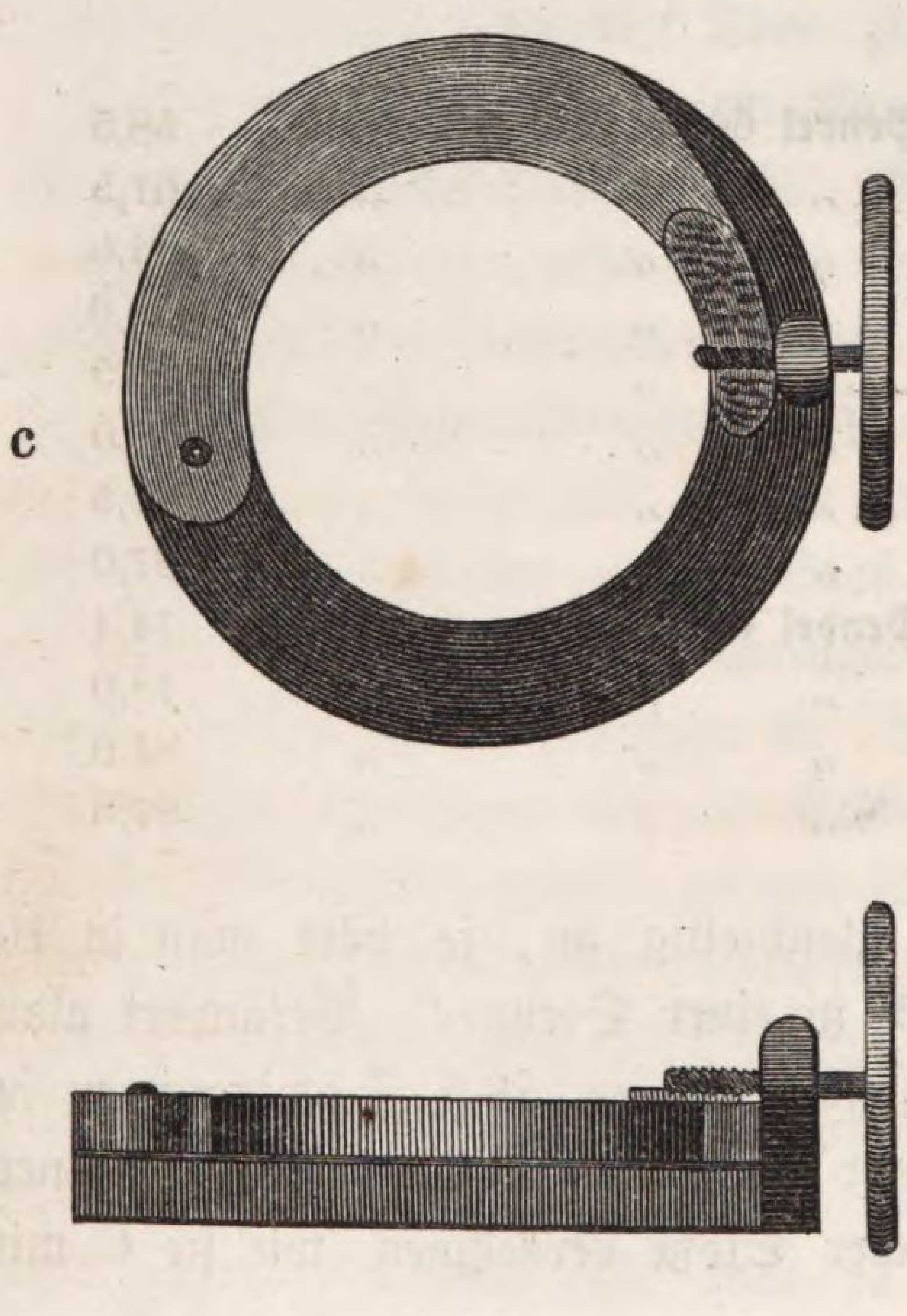
so könnte man zwar die Saiten der entsprechenden Töne eines Piano's mit den Gabeln in Einklang setzen und die so gewonnene Stimmung wäre ohne Zweifel reiner, als sie durch das mit dem Gehör geschätzte Abwärtsschweben der Quinten zu erreichen ist. Aber die Consequenz der Methode verlangt, daß die Anwendung des musikalischen Gehörs soweit als möglich durch andere Mittel ersetzt werde. An die Stelle jener 12 Gabeln treten darum 12 Hülfsgabeln, welche so abgestimmt sind, daß sie mit den entsprechenden Tönen der ersteren 4 Stöße in der Secunde machen und es ist dann die Aufgabe des Stimmers, die Spannung der Saiten so lange zu verbessern, bis jede derselben mit der entsprechenden Hülfsgabel ebenfalls 4 Stöße in der Secunde hören läßt. Dann kann man überzeugt sein, daß ihr Ton mit dem der zugehörigen Normalgabel auf das Vollkommenste übereinstimmt, wenn man nicht zu beachten vergessen hat, daß beide von dem Hülfstone in gleichem Sinne abweichen müssen.

Man kann zwar mit einem gewissen Schein von Recht bemerken, daß eine Stimmung nicht reiner zu sein brauche, als eben das musikalische Gehör sie herzustellen vermag. Allein, abgesehen davon, daß das musikalische Gehör auch geübter Musiker noch weiterer Verfeinerung fähig ist, hat die Erfahrung entschieden zu Gunsten der Scheibler'schen Stimmmethode gesprochen. Musikalische Autoritäten, welche mit Hülfe derselben gestimmte Instrumente hörten, fällten die günstigsten Urtheile. Spohr ging so weit, die Befürchtung auszusprechen, daß, wenn man öfter dergleichen reine Musik

gehört habe, man keine Orchestermusik mehr befriedigend finden werde. Neukomm fand, daß man auf einer Orgel von Scheibler'scher Stimmung auf die kühnste Weise moduliren könne, ohne je das Ohr zu beleidigen, was bei Orgeln, die nach dem Gehör gestimmt seien, meist nicht angehe. Nichts aber gleicht dem Zauber in dem reinen Abfluß der Accorde, welche nicht temperirt, sondern in mathematisch reinen Verhältnissen mit Hülfe der Schwebungen gestimmt sind.

An Piano's, auf welchen, des unvollkommenen Baues wegen, oder in Folge nachlässiger oder gewaltthätiger Behandlung, die Töne die ihnen zukommende Höhe nicht zu behaupten vermögen, ist freilich auch die Mühe und Feinheit einer Scheibler'schen Stimmung verschwendet. Auch die Orgel bedarf einer sorgsamen Behandlung, insbesondere Schutz vor Temperaturwechseln, wenn der Vortheil einer reinen Stimmung nicht wieder verloren gehen soll. Auch reichen die an den Pfeifen früher üblichen Stimmplatten oder Stimmhüte zu so feinen Aenderungen in der Tonhöhe, wie sie bei Scheibler's Stimmart nothwendig werden, nicht aus. Der Erfinder dieser Methode hat eine äußerst einfache von ihm erdachte Vorrichtung, den in der beistehenden Figur abgebildeten Stimmring, unter allen Umständen genügend gefunden.

Fig. 86.



Auf dem Ringe, welcher auf das obere Ende der Pfeife aufgesetzt wird, bewegt sich ein halbmondförmiges Stück um den Stift c, so daß man damit einen größeren oder geringeren Theil der Mündung decken kann. Die Vermehrung oder Verminderung dieser

Deckung geschieht ganz allmälig und stetig mittelst eines Wirbels von Messingdraht, dessen rauhgefeilter Stift sich fest auf die Lederbesetzung am verschiebbaren Ende des Halbmondes aufsetzt.

Die Anwendung von Hülfsgabeln zur Stimmung der Orgel würde übrigens keineswegs die nämliche Bequemlichkeit bieten, wie bei dem Piano, da, wenn überhaupt Schwebungen hörbar sein sollen, die beiden Töne, welche sie hervorbringen, nahe gleiche Stärke besitzen müssen. Scheibler hat darum den Weg vorgezeichnet, auf welchem man die temperirte Stimmung der Orgel in größter Reinheit allein mit Hülfe derjenigen Stöße herstellen kann, welche die Pfeifen unter sich geben. Es ist hierzu nur erforderlich, außer dem zu stimmenden Register, wozu man offene Metallpfeifen etwa von 8fußigem Principal wählen kann, noch ein zweites ähnliches Register zuzuziehen, in welchem man nach Belieben den Scalatönen naheliegende Hülfstöne wählen kann.

Zur Erleichterung des Verständnisses dieser Stimmmethode auch für den in diesem Gebiete wenig bewanderten Leser kann die folgende Tafel dienen, welche die Schwingungszahlen der zwölf Scalatöne der 8fußigen Octave enthält, abgestimmt nach der gleichschwebenden Temperatur:

		Stöße				
C	65,4	3,9	auf Pendel 60,	oder 4	auf Pendel	58,5
Cis	69,3	4,1	"	"	"	61,5
D	73,4	4,4	"	"	"	66,0
Dis	77,8	4,6	"	"	"	69,0
E	82,4	4,9	"	"	"	73,5
F	87,3	5,2	"	"	"	78,0
Fis	92,5	5,5	"	"	"	82,5
G	98,0	5,8	"	"	"	87,0
Gis	103,8	6,2	auf Pendel 60,	oder 5	auf Pendel	74,4
A	110,0	6,5	"	"	"	78,0
Ais	116,5	7,0	"	"	"	84,0
H	123,5	7,3	"	"	"	87,6
c	130,8					

Schlägt man C und Cis gleichzeitig an, so hört man in 10 Secunden 39 Stöße, oder 3,9 in einer Secunde. Verändert man nun die Stellung des Pendels so, daß es 58,5 Schwingungen in einer Minute vollendet, so wird man während der Dauer einer Pendelschwingung gerade 4 solcher Stöße vernehmen wie sie C mit

dem temperirt gestimmten Cis giebt. Es folgt hieraus aber von selbst, daß, wenn man ein C von 65,4 Schwingungen auf die Orgel übertragen hat, man das temperirte Cis erhält, wenn man dessen Stimmung so lange ändert, bis es mit C genau 4 Stöße auf Pendel 58,5 giebt. Niemals wird man sich damit begnügen, die Stoßzahl nur für Einen Pendelschlag zu bestimmen; man wird vielmehr nur dann Hoffnung haben, einige Genauigkeit zu erreichen, wenn man 40 Stöße auf 10 Pendelschläge oder 80 Stöße auf 20 Pendelschläge gezählt hat. Allein eine solche Vervielfachung würde ganz ohne Nutzen sein, wenn man beim Stimmen der Orgel nicht Sorge getragen hätte, einen ganz gleichmäßigen Wind den Pfeifen zuströmen zu lassen. Jede Verstärkung desselben erhöht die Töne und mit ihnen die Stoßzahl, so daß die in obiger Tabelle verzeichneten Verhältnisse ihre Anwendbarkeit verlieren.

So einfach es im Princip wäre, auf die angegebene Weise die große Octave, von Ton zu Ton aufsteigend, temperirt zu stimmen, so läßt sich doch voraussehen, daß das Resultat kein besonders gutes sein könnte. Wenn jeder folgende Ton auf den unmittelbar vorhergehenden gebaut wird, so muß jeder kleine Fehler das richtige Verhältniß aller folgenden Töne zum Grundton stören, und es ist leicht möglich, daß auf diesem Wege eine Menge geringer, an sich unmerklicher Fehler sich anhäuft. Wenn man von C ausgehend bis c durchgestimmt hat, wird es sich nicht leicht treffen, daß diese beiden Töne im reinen Octavenverhältniß erklingen. Hierzu kommt, daß das nämliche Intervallenverhältniß, wie z. B. c—cis, in den höheren Octaven durch eine immer größere Stoßzahl gemessen wird, daß daher ein Fehler von 1 Stoß, welcher bei der Zählung begangen wird, einer um so geringeren harmonischen Unreinheit entspricht, je höher die Tonlage ist. Man kann es aber leicht so einrichten, daß die Stöße bei der Stimmung der höheren Octaven mit gleicher Sicherheit gezählt werden können, wie in den tieferen, und doch überträgt sich jeder in einer tieferen Lage begangene Fehler vervielfacht auf die höheren Octaven, während, wenn man umgekehrt eine höhere Octave durch Stöße rein gestimmt hat, sich nur Bruchtheile der noch zurückgebliebenen Fehler auf die tieferen Octaven übertragen. Darum zieht man es vor, eine höhere Lage, etwa

zwischen a und a_1 zur unmittelbaren Stimmung zu wählen. Die folgende Tafel zeichnet einen Weg vor, diese Tonreihe auf der Orgel temperirt zu stimmen. Sie enthält nichts, was sich der Leser nicht aus den vorgetragenen Sätzen selbst erläutern könnte.

Man stimmt:

									Stöße	Pendel
Nach	Scalaton a_1	die Quarte	e_1	als	Hülfston,	dann	höher	um	2	bei 80,0
„	Hülfston e_1	die Quarte	h	„	Scalaton,	„	tiefer	„	4	„ 63,5
„	Hülfston e_1	die Octave	e	„	Hülfston,	„	höher	„	3	„ 66,7
„	Hülfston e	die Octavterz	gis_1	„	Scalaton,	„	tiefer	„	4	„ 65,8
„	Scalaton a_1	die Quinte	d_1	„	Hülfston,	„	höher	„	4	„ 60,0
„	Hülfston d_1	die Quarte	g_1	„	Scalaton,	„	tiefer	„	2	„ 80,4
„	Scalaton a_1	die Octave	a	„	Hülfston,	„	höher	„	2	„ 80,0
„	Hülfston a	die Terz	cis_1	„	Scalaton,	„	höher	„	2	„ 62,1
„	Hülfston a	die Quarte	d_1	„	Scalaton,	„	tiefer	„	4	„ 65,1
„	Hülfston a	die Quinte	e_1	„	Scalaton,	„	tiefer	„	4	„ 71,2
„	Hülfston a	die Sexte	fis_1	„	Scalaton,	„	höher	„	3	„ 66,3
„	Scalaton a_1	die Octavterz	f	„	Hülfston,	„	tiefer	„	2	„ 80,0
„	Hülfston f	die Quarte	b	„	Hülfston,	„	tiefer	„	4	„ 60,0
„	Hülfston b	die Quarte	dis_1	„	Scalaton,	„	höher	„	3	„ 57,8
„	Hülfston f	die Quarte	b	„	Scalaton,	„	tiefer	„	3	„ 78,7
„	Hülfston f	die Quinte	c_1	„	Scalaton,	„	tiefer	„	3	„ 63,0
„	Hülfston f	die Octave	f_1	„	Scalaton,	„	tiefer	„	2	„ 51,2

Es ist bei der Bildung dieser Tafel vorausgesetzt, daß a_1 in der Secunde 440 Schwingungen hat. Die Unterquarte e_1 hat dann in der reinen Stimmung 330, und, wenn sie um 2 Stöße bei Pendel 80, oder 2,67 Stöße bei Pendel 60, höher gestimmt wird, so entspricht dieß einem Mehr von $\frac{2,67}{4}$ oder 0,67 Schwingungen. Die Unterquarte von 330,67 ist bei reiner Stimmung ein Ton von 248 Schwingungen, und 4 Stöße bei Pendel 63,5 tiefer entspricht 1 Schwingung weniger in der nämlichen Zeit, oder 1,06 Schwingungen weniger in 1 Secunde. Es ist aber 248 — 1,06 = 246,94 die Schwingungszahl des temperirten h. Man hätte auch von dem reinen e_1 unmittelbar zu der Unterquarte h übergehen können, welche dann in reiner Stimmung 247,5 Schwingungen erhalten hätte, was gegen das temperirte h um 0,56 Schwingungen zu hoch liegt. Da eine Abweichung von einer Schwingung am unteren Tone eines Quartenintervalles 4 Stöße in der Secunde verursacht, müßte das

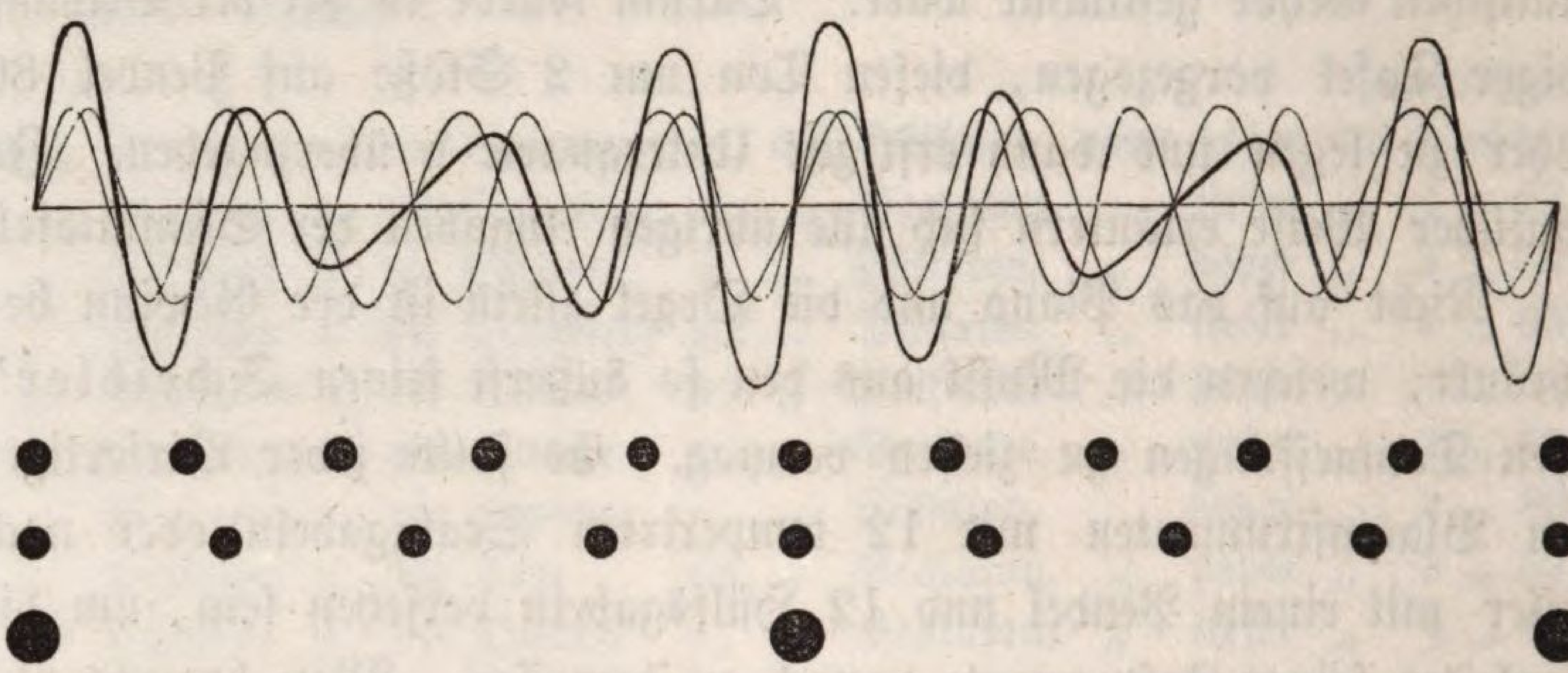
oben erhaltene h noch um 4 . 0,56 = 2,24 Stöße auf Pendel 60 oder um 2 Stöße auf Pendel 67,2 tiefer gelegt werden. Diese Stimmart würde aber insofern gegen den Geist der Scheibler'schen Methode verstoßen, als die Hülfsquarte e_1 nur nach dem musikalischen Gehör gestimmt wäre. Darum wurde es bei der Bildung obiger Tafel vorgezogen, diesen Ton um 2 Stöße auf Pendel 80 höher zu legen und dann erst zur Unterquarte h überzugehen. In ähnlicher Weise erläutern sich alle übrigen Angaben der Stimmtafel.

Nicht auf das Piano und die Orgel allein ist der Gewinn beschränkt, welchen die Musik aus den so äußerst feinen Scheibler'schen Tonmessungen zu ziehen vermag. Es sollte jeder Verfertiger von Blasinstrumenten mit 12 temperirten Scalagabeln oder noch besser mit einem Pendel und 12 Hülfsgabeln versehen sein, um die Tonleiter seiner Instrumente danach zu bemessen. Man braucht nur einmal die Tonleiter auf einer Clarinette, einer Flöte, einer Oboe oder einem Fagott, wie diese Instrumente jetzt aus den Händen der Künstler hervorgehen, mit genau abgestimmten Gabeln zu vergleichen, um zu erkennen, wie viel in der reinen Stimmung noch zu thun bleibt. So lange freilich die Stimmung der Orchester im Ganzen noch so schwankend ist, daß die ausführenden Musiker sich mit Auszügen an der Flöte oder verschieden langen Birnstücken an der Clarinette und ähnlichem akustischem Gräuel behelfen, gehört eine Abstimmung der Blasinstrumente in der Feinheit, wie sie die Methode der Schwebungen giebt, zu den Luxusartikeln.

Wenn der Unterschied der Schwingungszahlen zweier Töne so groß geworden ist, daß sie in ein einfaches harmonisches Verhältniß treten, so wiederholen sich die Coincidenzen der Schwingungen in den beiden parallel mit einander fortgehenden Wellenzügen so häufig, daß das Ohr nicht mehr die einzelnen Tonverstärkungen getrennt als Schwebungen unterscheidet, sondern diese in gleichen Zeiträumen wiederkehrenden Eindrücke sich zu einem dritten tieferen Ton, einem sogenannten Combinationstone verbinden. Bei Tönen von 400 und 500 Schwingungen, welche im Intervall der großen Terz stehen, fallen nach jeder vierten Schwingung des ersten und nach jeder fünften Schwingung des zweiten Tones die Bewegungen zusammen und verstärken sich, und dieß geschieht während einer Secunde

100mal. Daher außer den beiden genannten Tönen noch ein dritter vernommen wird, zwei Octaven unter dem tieferen jener beiden. Die zwei oberen Punktreihen in der folgenden Figur

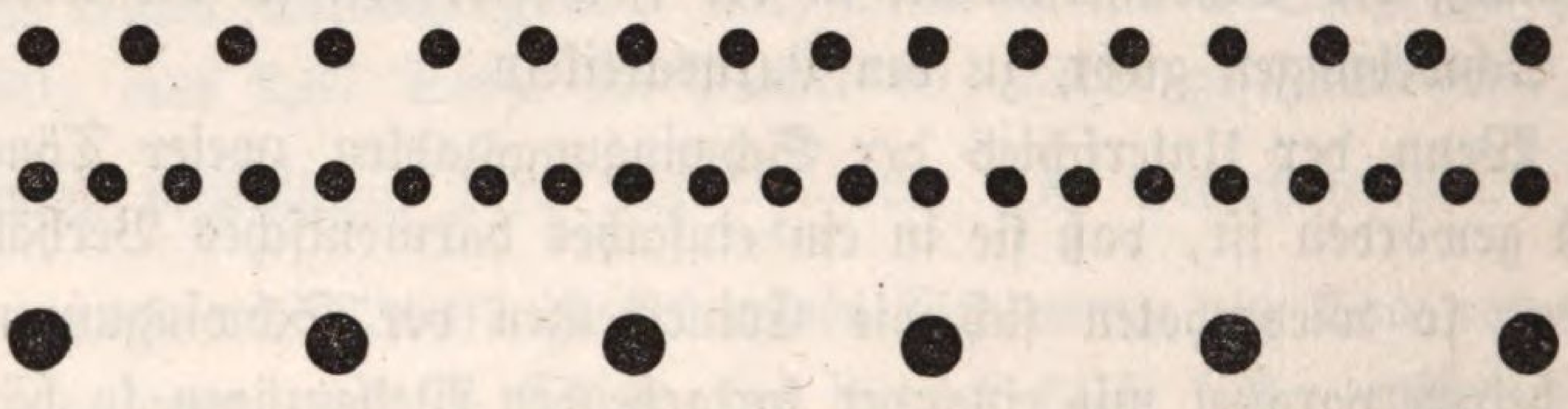
Fig. 87.



sollen die Folge der Schwingungen von Grundton und Terz bezeichnen, die Punkte der dritten Reihe entsprechen dem Zusammentreffen der Schwingungsbewegung in beiden Wellensystemen, welche über den Punktreihen, sowohl einzeln als auch in ihrer Resultante, verzeichnet sind. Man bemerkt, daß auf 5 Schwingungen des höheren Tones Eine Ab- und Zunahme der Intensität stattfindet.

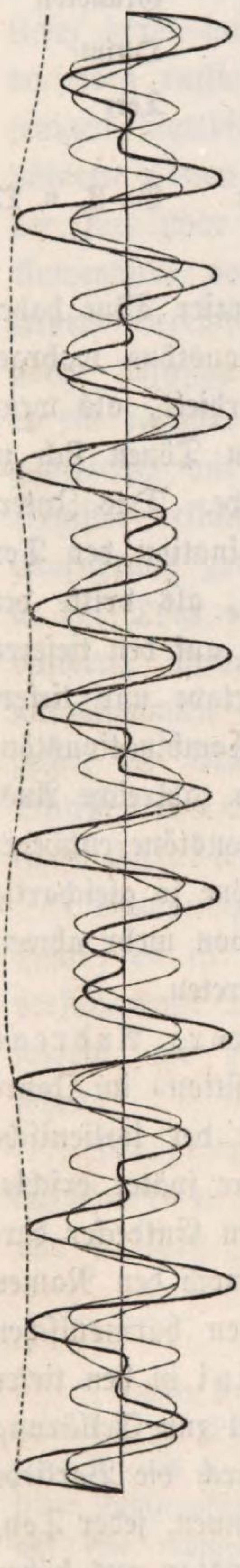
Die folgende Figur zeigt die Entstehung des Combinationstones

Fig. 88.



des Quartenintervalls an. Zwei Töne von 18 und 24 Schwingungen in der Secunde würden die Intensitätsänderungen nur als 6 Stöße oder Schwebungen hören lassen. In höheren Lagen aber verbinden sich die zahlreicheren Schwebungen zu einem Combinationstone. Der Ton d von 147 giebt mit g von 196 Schwingungen in der Secunde 49 Coincidenzen, daher als Combinationston das zwei Octaven unterhalb g gelegene G_{-1} der Contraoctave gehört wird. Noch deutlicher wird man den Combinationston vernehmen, wenn man etwa

Fig. 89.



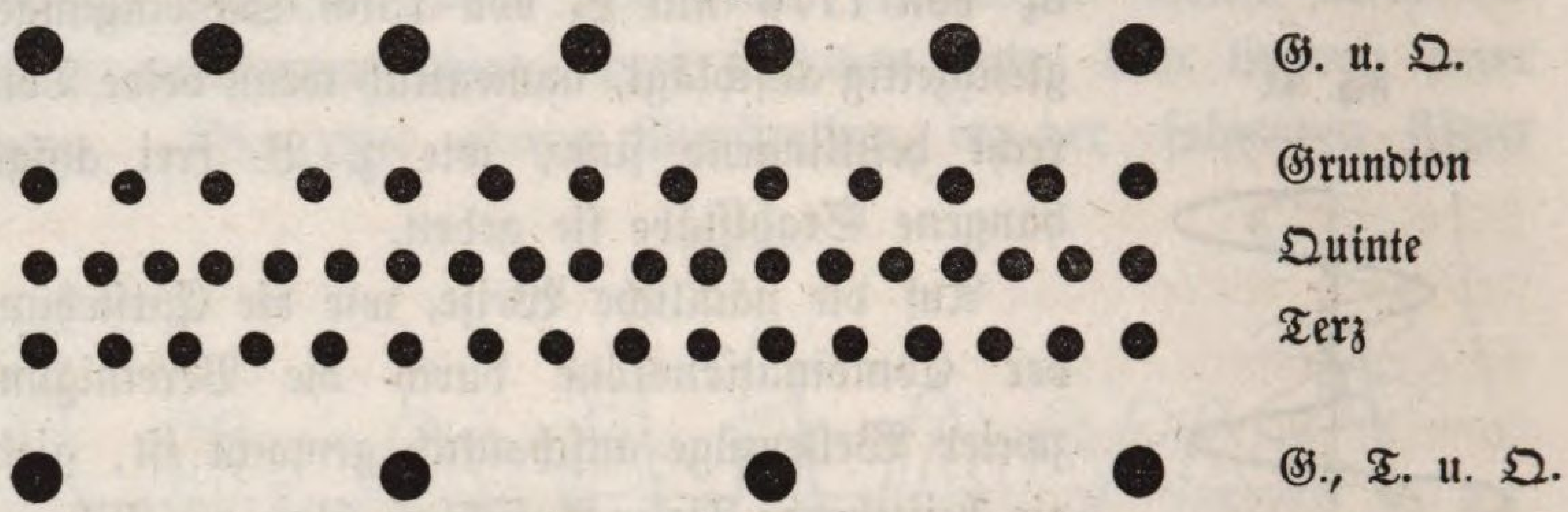
d_3 von 1176 mit g_3 von 1568 Schwingungen gleichzeitig anschlägt, namentlich wenn beide Töne recht hellklingend sind, wie z. B. frei aufgehangene Stahlstäbe sie geben.

Auf die nämliche Weise, wie die Entstehung der Combinationstöne durch die Vereinigung zweier Wellenzüge anschaulich gemacht ist, giebt die beistehende Figur Aufschluß über die Bildung der Schwebungen in dem Falle, daß ein Ton eines harmonischen Intervalls etwas von der Reinheit abweicht. Es kommen hier 12 Schwingungen des ersten Wellenzugs auf 19 des zweiten, so daß das resultirende Wellensystem einer unreinen Quinte angehört. Im Quinteninterval giebt die Abweichung von 1 Schwingung am oberen Ton Veranlassung zur Bildung von 2 Schwebungen und in der That zeigt die punktirte Linie zwei Ab- und Zunahmen der Intensität während einer Secunde an.

Beim Anschlagen eines Accordes aus mehren Tönen, z. B. des aus Grundton, großer Terz und Quinte gebildeten Dreiklangs, hört man auch mehre Combinationstöne. Die Figur 90 erläutert ihre Entstehung.

Aus dem Zusammentreffen der Schwingungen aller drei Töne nach jeder vierten des Grundtones, nach jeder fünften Schwingung der Terz, und nach jeder sechsten der Quinte, entsteht der erste Combinationston, die untere Doppeloctave des Grundtones, und dieser ist, wenn er nicht zu tief liegt, am Deutlichsten hörbar. Das Zusammentreffen nach jeder zweiten Schwingung des Grundtones und jeder dritten der Quinte veranlaßt aber noch einen zweiten Combinationston, die Unteroctave des Grundtones.

Fig. 90.



Selbst bei dem gleichzeitigen Erklingen nur zweier Töne haben feinhörige Akustiker nicht selten mehre Combinationstöne wahrgenommen, deren Schwingungszahl sich gerade so verhielt, als wenn der erste Combinationston mit den ursprünglichen Tönen sich zu neuen Combinationstönen höherer Ordnung verbände. Das Intervall der großen Terz z. B. giebt als erste Combination den Ton 5 — 4 = 1, als zweite den Ton 4 — 1 = 3, als dritte den Ton 5 — 3 = 2, so daß man also in Beziehung auf den tieferen der beiden Töne die Unterquarte, die tiefere Octave und tiefere Doppeloctave hört. Im Allgemeinen sind die Combinationstöne erster Ordnung am Deutlichsten hörbar, doch sind zahlreiche Ausnahmen dadurch bedingt, daß die ersten Combinationstöne entweder zu tief liegen, oder mit einem der erzeugenden Töne so gleichartig klingen, daß die Combinationen höherer Ordnung von mehr abweichendem harmonischem Character deutlicher heraustreten.

Die Combinationstöne sind zuerst von Georg Andreas Sorge in seinem »Vorgemach musikalischer Composition« im Jahre 1740 erwähnt worden. Dennoch ist lange Zeit der italienische Violinist Tartini, welcher erst in seinem 10 Jahre später erschienenen »Trattato di Musica« ihrer gedenkt, für den Entdecker derselben gehalten worden, und nach ihm führen sie noch den Namen der Tartini'schen Töne. Wie Rameau in den harmonischen Obertönen oder Flageolettönen, so glaubte Tartini in den tiefer liegenden Combinationstönen den wahren Schlüssel zur Erklärung der Harmonie gefunden zu haben. Er ließ sich durch die Vorliebe für die Combinationstöne so weit verleiten, anzunehmen, jeder Ton, welchen man angebe, entstehe nur als Combinationston aus höher

gelegenen, der natürlichen Zahlenreihe 1, 2, 3 . . entsprechenden Aliquottönen. Chladni bemerkt mit Recht zur Widerlegung dieser paradoxen Ansicht, daß man doch die erzeugenden Aliquottöne deutlicher hören müsse, als die nur aus Combinationen einzelner Wellen derselben entstandenen tieferen Töne, wie dieß auch bei allen denjenigen Combinationstönen der Fall ist, deren Entstehung aus höheren Tönen nicht hypothetisch, sondern thatsächlich ist. Eine in der Idee zwar originelle, aber in der Ausführung weniger bewährte Anwendung von den Combinationstönen hat der Abt Vogler in seinem Vereinfachungssystem der Orgel gemacht. Er gedachte die ganze 32fußige Octave durch Combinationstöne zu ersetzen, indem er ein Register so einrichtete, daß die Töne der 16fußigen Octave gleichzeitig mit ihren oberen Quinten, also mit einem $10\frac{2}{3}$fußigen Register erklangen. In der Michaeliskirche in München ist diese Einrichtung zur Ausführung gekommen, und es ist mit derselben in der That eine bedeutende Oekonomie an Raum und Geld verbunden; allein daß der Combinationston das tiefe Register nur unvollkommen ersetzen könne, da er viel zu sehr zurücktreten muß gegen die Stärke der ihn bildenden Töne, und daß darum das Vogler'sche System keine größere Verbreitung finden werde, hat schon Chladni richtig vorausgesehen. *)

Stimmung der Instrumente und Tonmessung gehen Hand in Hand; es ist darum wohl nicht ohne Interesse für den Leser, die verschiedenen Methoden der Messung absoluter Schwingungszahlen sowohl, als der relativen Verhältnisse, nebeneinander gestellt zu sehen.

Mersenne wandte bereits im Beginne des 17. Jahrhunderts die Saite zu dem genannten Zwecke an. Er fand, daß eine Saite von 15 Fuß Länge, wenn sie mit $6\frac{5}{8}$ Pfund gespannt war, gerade

---

*) Dieser Ansicht entgegen führt Schafhäutl an, daß an dem Conservatorium zu München sich ein von Walcker „akustisch" ausgeführter Sechzehnfuß (aus 8 Fuß und $5\frac{2}{3}$ Fuß combinirt) befinde, welcher einem gewöhnlichen Sechzehnfuß vollkommen die Wage halte. Es komme dabei vorzugsweise auf eine richtige Abmessung der Tonquantität beider Pfeifen an. Siehe Schafhäutl's Bericht, S. 59.

10 Schwingungen in der Secunde vollendete, und schloß aus dem ihm bereits bekannten Gesetze, wonach die Schwingungszahlen sich der Länge umgekehrt proportional verhalten, daß jene Saite, wenn sie bei unveränderter Spannung auf ¾ Fuß, also auf den zwanzigsten Theil verkürzt werde, 200 Schwingungen in der Secunde mache. Diesen Ton, zwischen unserm g und gis liegend, nahm er als Normalton an.

Wenn solche Messungen einige Zuverlässigkeit besitzen sollen, müssen die Saiten senkrecht herabhängen, damit das spannende Gewicht unmittelbar auf sie einwirken kann, das schwingende Stück muß, ohne daß die Saite gequetscht wird, scharf abgegrenzt sein und eine Uebertragung der Bewegung an die Widerlagen, in welchen sie festgeklemmt ist, darf nicht stattfinden können, Bedingungen, welche erst W. Weber an seinem 1825 construirten Monochord vereinigt hat. Dieser Physiker erkannte auch, daß die Saite, wenn man ihrer Unveränderlichkeit während des Versuchs sicher sein will, vor demselben einige Zeit bis fast zur Grenze ihrer Festigkeit angespannt bleiben muß; endlich, daß man die Saite vor Aenderungen der Temperatur sorgfältig schützen muß, da eine Erwärmung von wenigen Graden eine Erniedrigung des Tones um mehr als eine Viertelstufe nach sich ziehen kann. Bei Beobachtung aller dieser Vorsichtsmaßregeln gelang es Weber, die Schwingungszahlen mit einer Genauigkeit von etwa 1 auf 500 zu messen. War z. B. die Schwingungszahl eines Stimmgabeltones zu messen, so veränderte er die Länge der Saite am Monochord so lange, bis diese mit der Stimmgabel vollkommen unison klang, schnitt sie dann, nachdem ihre Länge genau gemessen war, scharf an den Klemmen ab und bestimmte ihr Gewicht (die Formel zur Berechnung der Schwingungszahl enthält der Anhang 1). Man findet immer das nämliche Resultat, aus welchem Stoffe die Saiten bestehen mögen, wofern sie nur als vollkommen biegsam gelten können. Gerade diese letzte Bedingung erfüllen aber die Saiten nicht mehr, wenn sie auf eine sehr geringe Länge verkürzt werden, um so weniger, je dicker sie sind. Es tritt in diesem Falle die Wirkung der eignen Steifigkeit zu der des spannenden Gewichtes hinzu und die Schwing-

ungszahl steigt über das Maß, welches ihr die erwähnte Taylor'sche Formel anweist.

Aehnlich wie Mersenne die Saite, so gedachte Chladni einen elastischen Stab von durchaus gleichem Querschnitt zur Messung der Schwingungszahlen zu benutzen. Er ließ ihn zuerst in einer solchen Länge schwingen, daß die einzelnen Vibrationen noch ohne Weiteres zählbar waren, und indem er ihn dann soweit verkürzte, bis er, transversal schwingend, den zu messenden Ton gab, setzte er die Schwingungszahlen dem Quadrate der Länge umgekehrt proportional. Allein diese Methode ist nicht der nämlichen Genauigkeit fähig, wie diejenige der schwingenden Saiten, da eine Uebertragung der Bewegung auf den eingeklemmten Theil des Stabes, wie solid man auch diese Befestigung anlegen möge, nicht ganz zu vermeiden ist.

Wäre die Länge einer offenen Pfeife der halben Wellenlänge des Tones, welchen sie giebt, gerade gleich, so hätte man damit ein einfaches und genaues Verfahren, die Schwingungszahlen zu bestimmen. Man hätte nur jedesmal mit der doppelten Länge der Pfeife in die mit hinreichender Genauigkeit bekannte Geschwindigkeit des Schalles in der Luft zu dividiren. Allein die offene Pfeife ist immer etwas kürzer als die Halbwelle, die gedeckte Pfeife etwas kürzer als die Viertelwelle ihres Tones und die Größe der Unterschiede ist von mehren Bedingungen abhängig, so daß aus diesem Grunde die Pfeifen weder zur Bestimmung absoluter Schwingungszahlen, noch auch nur zur Ermittelung relativer Tonverhältnisse geeignet sind.

Das directeste Verfahren, um zu solchen Bestimmungen zu gelangen, besteht offenbar in der Anwendung der Sirenen. Hat man die Löcherscheiben eine gewisse Anzahl von Secunden in vollkommen gleichmäßiger Drehungsgeschwindigkeit, also den Ton auf gleicher Höhe erhalten, und die Menge der Umdrehungen genau gezählt, so giebt das Product derselben mit der Anzahl der am Umfang der Scheibe angebrachten Löcher, getheilt durch die Anzahl der Secunden, die Schwingungszahl des Tones während einer Secunde. Allein die practische Verwirklichung der genannten Voraussetzungen hat ihre großen Schwierigkeiten, namentlich wenn es

gilt, die Drehungsgeschwindigkeit jeder bestimmt gegebenen Tonhöhe anzupassen.

Des Verfahrens absolute Schwingungsmengen und relative Tonverhältnisse mittelst der Stöße oder Schwebungen zu messen, ist in diesem Abschnitte bereits mit hinreichender Ausführlichkeit gedacht worden.

Nach dem dermaligen Stand der akustischen Technik scheinen zur Bestimmung absoluter Schwingungszahlen die Methoden des Monochords und der Schwebungen den Vorzug zu verdienen. Zur Messung relativer Tonverhältnisse ist die erstere dieser beiden Verfahrungsweisen unbedingt die bequemste.

13. Die Musikinstrumente verschiedener Völker und Zeiten.

Wie die musikalischen Instrumente in den Zeiten eben erst erwachender Gesittung bei jenen Völkern beschaffen waren, welche in der menschlichen Culturgeschichte eine Rolle zu spielen berufen waren, bei den Aegyptern, den Chinesen, den Indern, den Hebräern, den Griechen und Römern, bei den alten Germanen, den Galliern und Briten, darüber werden wir eine erschöpfende Aufklärung niemals erhalten können. Und zudem, wenn es möglich wäre, welcher Gewinn könnte daraus erwachsen? Wie europäische Cultur überhaupt, so beginnt auch das moderne europäische Orchester allmälig den Erdkreis zu erobern; es wird in Algier und der Capstadt, in Calcutta und Canton gehört, und ist bis in die westlichsten Ansiedlungen Nordamerika's vorgedrungen; in den Theatern von San Francisco tritt es auf, so gut wie in denen von Valdivia und Valparaiso. Nicht nur Rio Janeiro und Buenos Ayres besitzen europäische Instrumentalmusik, sondern allerwärts in den Steppen Brasiliens und von La Plata kann man zum Tanze die schrillen Klänge der Garana und Garanita, der Abkömmlinge der spanischen Guitarre vernehmen. Dennoch giebt es noch Orte genug auf der Erde, wo Derjenige, welchem die Erstlinge der Instrumentalmusik zu belauschen gelüstet, volles Genüge finden kann. Unverkennbar ist das Rhythmische in der Musik das erste Element, welchem das wilde Naturkind eine Unterstützung durch besondere Werkzeuge zu geben trachtet. Choris erzählt in seiner voyage pittoresque autour du monde

(1812), daß die Wilden Californiens ihre Tänze aufführten unter Händeklatschen und Zusammenschlagen gespaltener Holzstücke, zu einem Gesang, welcher einem Husten und Pfeifen ähnlicher gewesen, als melodischen Tönen. Auf den Sandwichinseln fand er, wie Cook auf den Freundschaftsinseln, das nämliche Orchester, welches noch durch gehöhlte, oben offene Kürbisse, die man zu Boden fallend erklingen ließ, und durch Trommeln aus Cocosschalen und Hayfischhaut, verstärkt war. Von der Instrumentalmusik der heidnischen Bratski, welche die Ufer des Baikalsee's und Lenaflusses bewohnen, der Teleuten an den Nebenflüssen des Tom und im Lande der Kalmücken, sowie der Tschougousen, giebt Graf Rechberg in seinem Prachtwerke „Les peuples de la Russie“ (1812 u. 1813) Kunde. Bei den religiösen Tänzen ist der Priester in ein mit zahllosen rasselnden Metallstückchen behangenes Gewand gekleidet; in wilder Verzückung schlägt er eine flache, mit dem Felle des Wiesels oder Rennthiers überzogene, schellenbehangene Trommel. Auch bei den Eskimo's fand Capitän Parry nur das Tamburin neben höchst monotonem Gesang.

Der erste Schritt, welcher über den Gebrauch solcher rohen Mittel hinausführte, geschah durch die Entdeckung, daß aus gewissen natürlich vorkommenden Körpern sich Klänge von längerer Dauer entlocken lassen. Ob man an dem einem Orte zuerst einen elastisch gespannten Faden erklingen ließ, an dem andern durch Blasen auf einer Muschel, einem Stücke Schilfrohr oder auf einem hohlen Thierhorn oder Knochen einen Ton entlockte, wer möchte Das jetzt entscheiden? Begreiflich aber ist es, daß die gellenderen Töne der Blasinstrumente bei dem ungesitteten Menschen mehr Aufmerksamkeit und Gefallen erwecken mußten, als die zart klingende Saite. Hörner und Pfeifen, entweder eintönig oder durch ein paar Seitenlöcher nur zu höchst unästhetischem Tonwechsel geeignet, treffen wir darum bei den Völkern an, welche eben über die blosen Lärm- und Rasselinstrumente hinausgekommen sind, wenn auch die letzteren noch vielfach den Vorrang behaupten.

Die Instrumente der westlichen Indianer, der Algonquins und Chippewas, welche in dem 1852 in Auftrag des Congresses herausgegebenen Werke von Schoolcraft: Etnological researches

respecting the red man of America, abgebildet sind, bestehen aus größeren und kleineren Trommeln, aus Kürbissen mit Steinchen oder Erbsen gefüllt, oder Stäben mit Muscheln behangen, welche als Rasseln dienen, und endlich dem pib-be-gwun, einer 18 Zoll langen Pfeife mit 6 Seitenlöchern. Die nämlichen Instrumente fand Weld auf seinen Reisen in Nordamerika im letzten Decennium des vorigen Jahrhunderts. Auch die Instrumente, welche die Spanier bei der Eroberung von Mexiko antrafen, waren dieselben, größere und kleinere Trommeln aus Dammhirschfell, Rasseln und außerdem Thierhörner, Seemuscheln und kleine Pfeifen als Blasinstrumente. Alonzo de Ovalla erzählt in seiner Beschreibung des Königreichs Chile, daß es bei den Indianern Südamerika's Sitte sei, Flöten aus den Knochen der erschlagenen Feinde zu fertigen, welche beim Tanz der Krieger geblasen würden. Tschudi meldet in seinen Reiseskizzen aus Peru (1846), daß der düstere Character der Peruanischen Indianer deutlich in ihrer Musik hervortrete. Sie haben außer Schlaginstrumenten die Jaina, eine Art Clarinette aus weitem Schilfrohr, deren schwermuthsvoller Ton die Indianer aus dem lärmendsten Toben augenblicklich zur Stille und Andacht führe; auf dem Pututo, einer großen Tritonsmuschel, werde nur an den Erinnerungstagen für die untergegangene Incasherrschaft geblasen.

Auch auf vielen Inseln der Südsee ist neben der mit Hayfischhaut bespannten Trommel nur noch die Tritonsmuschel zu hören. So fanden es Marshall, Gilbert und später Kotzebue auf den nur aus Korallenbänken bestehenden Inseln Radack. Auf den Aleuten hat die Instrumentalmusik den nämlichen Umfang, nur daß an die Stelle der Tritonsmuschel ein Thierhorn tritt. Cook fand auf den Inseln der Südsee außer dem Händeklatschen zu Gesang und Tanz, Trommeln im Gebrauch, eine Panspfeife aus 12 kleinen Rohrstückchen und eine Flöte aus Bambus mit 3 Löchern, welche eine Tonfolge c, cis, dis, e gab, aber seltsamer Weise allerwärts nicht mit dem Mund, sondern mit dem einen Nasenloch angeblasen zu werden pflegte, während das andere zugehalten wurde. Mariner hatte während seiner Gefangenschaft auf den Freundschaftsinseln im Jahre 1805 Zeit, ein eigenthümliches musikalisches

Instrument kennen zu lernen, welches aus 6 bis 8 einzelnen Bambusröhren bestand, die, am einen Ende mit weichem Holz geschlossen, beim Spielen in der Mitte angefaßt und gegen den Boden gestoßen wurden. Die Schwingungen der Luft, sowie die des Blättchens aus weichem Holz scheinen dabei gemeinschaftlich zum Klange beizutragen.

In der alten Welt ist es auch bei den Völkern, welche nicht zu höherer Culturentwickelung fortgeschritten sind, äußerst schwierig, das ihrem ursprünglichen Erfindungsgeiste Angehörige und aus dem eigenen musikalischen Bedürfnisse Hervorgegangene von dem zu unterscheiden, was durch den Zug der politischen Ereignisse, unter der Gunst von Handelsverbindungen, oder auch durch zufällige Berührung, von gesitteteren Nationen der alten und neuen Zeit sich übertragen hat. Keine Kunst wandert leichter, als die Musik. Steht bei den Künsten des Raumes die Natur der Kunstgegenstände selbst im Weg, so beschränkt die Verschiedenheit der Sprachen und Dialecte die Verbreitung der Poesie, und wenn man auch zugestehen muß, daß gewisse Bereiche verschiedenartiger Entwickelung der Tonkunst sich abgrenzen, ähnlich wie Sprachgebiete, so giebt es der musikalischen Sprachen doch weit weniger und ihre Abschließung ist keine so unbedingte, wie bei der Wortsprache, deren Laute bestimmten Dingen und Begriffen zur Bezeichnung dienen. So haben sich denn auch die musikalischen Instrumente auf das Mannichfaltigste gemischt, am Meisten bei den Völkern, deren Wohnsitze am Zugänglichsten sind, bei denen des südwestlichen Europa's, bei den Umwohnern des mittelländischen Meeres und im südlichen Asien. In Hochasien, im äußersten Norden von Europa und im innern und südlichen Afrika hat die Cultur und mit ihr eine ausgebildete Musik sammt ihrem Apparate noch fast keinen Eingang gefunden, und der Reisende, welcher in diese unwirthlichen Länder vordringt, hat noch Gelegenheit, die Producte der Erfindungsgabe ihrer Bewohner unverfälscht zu studiren, womit sie ihrem angeborenen musikalischen Sinne zu genügen streben.

Die Mongolen besitzen außer ihren großen Trommeln und Metallplatten, welche gegeneinander oder mit Stäbchen geschlagen werden, eine Trompete von ungeheuerer Länge, welche von zwei

Männern gehalten wird; sie benutzen außerdem Muscheln als Blasinstrumente und fertigen sich Flöten aus den Armknochen der getödteten Feinde. — Im nördlichen Schweden und Norwegen ist nur ein einziges musikalisches Werkzeug heimisch, eine lange Trompete, ähnlich dem Alphorn der Schweiz, welche die Hirten sich aus Birkenrinde bereiten. — Bei der Betrachtung der ursprünglich afrikanischen Musikinstrumente wird man den Nordosten, insbesondere Aegypten, ausschließen müssen, da dort sich die Ueberlieferungen aus den ältesten Perioden menschlicher Gesittung gemischt haben mit dem, was die Blüthe muhamedanischer Cultur und Herrschaft in den schönen Künsten dargeboten, sowie die Nordküste, auf welcher der Einfluß des letzteren Elements, wenn auch in abnehmender Vollständigkeit, bis nach dem Westen von Marocco sich geltend gemacht hat.

Wie bei allen wilden Völkern, so finden sich auch bei den afrikanischen die Trommel in den mannichfaltigsten Gestalten, Schlaginstrumente aus Holzstäben, Castagnetten, Kürbisse mit Steinen als Rasseln, die Flöte in plumper Form, Hörner aus Elephantenzähnen und aus dem Büffelhorn. Bei den Ashantee's hat die Flöte nur drei Seitenlöcher, bei den Bachapins, einem Stamme der Kaffern, besteht sie aus einem einfachen Stück Schilfrohr, mit einem beweglichen Kerne abgestimmt und oben mit schräg zugeschnittener Oeffnung. Sie giebt nur Einen Ton, aber mit Flöten von verschiedener Größe bringen die Bachapins, wie Bowdich erzählt, einen Umfang von etwa 12 Tönen heraus. Characteristisch für die Musik der Afrikaner sind die hohlen Eisenstäbe, welche mit dem bewaffneten Daumen geschlagen werden, und — ein Element der Musik, welchem wir bei den Eingeborenen der neuen Welt nicht begegneten — die Saiteninstrumente. Freilich bestehen diese hie und da nur aus Einer Saite, welcher ein Flaschenkürbis als Resonanzkörper dient, oder aus einer Schnur, an einem gekrümmten Stabe ausgespannt, welche der musikfreundliche- Neger am einen Ende in den Mund nimmt, um durch Klimpern ausschließlich sich einen musikalischen Genuß zu bereiten. Die Hottentoten besitzen in ihrem Gorah ein ähnliches Instrument, dessen ausgespannte Saite durch Anblasen mit dem Mund durch den Kiel einer Straußenfeder

in Erzitterung versetzt wird. Doch findet man auch an Orten, an welche eine Uebertragung orientalisch-muhamedanischer Musik nicht wohl stattgefunden hat, schon ausgebildetere Saiteninstrumente, welche an die Harfe oder Mandoline erinnern. An der Congoküste bedienen die Neger sich einer Laute, deren Saiten von Thierdärmen gedreht sind, deren Resonanzplatte aus Pergament besteht. Anderwärts sind die Saiten aus Wurzeln und Fasern des Palmbaums gebildet, im Reiche Benin ist eine 5- bis 6saitige Harfe im Gebrauch, deren Saiten aus feinen Schilfrohrstreifchen bestehen.

Bei allen den Völkern, über deren Tonwerkzeuge hier Einiges kurz berichtet wurde, bestand und besteht keine Musik im höheren künstlerischen Sinne. Eine solche verlangt als nothwendige Grundbedingung eine feststehende Tonleiter, nach welcher die Stimmung der Saiten- wie der Bau der Blasinstrumente bemessen ist und in welcher die Melodieen sich bewegen. Von diesem Gesichtspunkt aus möge der Leser seine Blicke auf die einzelnen Gebiete richten, in welchen eigenthümliche musikalische Bildungskreise sich abgeschlossen haben, auf das Gebiet der chinesischen Musik, auf dasjenige Indiens, des alten Aegyptens, von Griechenland und Rom, auf das der muhamedanischen Reiche des Mittelalters und endlich auf die moderne europäische Musik, welche darum wesentlich verschieden von allen übrigen und vollkommener als diese ist, weil sie auf die Gesetze der Harmonie und den daraus erwachsenen Contrapunkt sich gründet.

Dem aufmerksamen Leser muß sich von selbst die Bedeutung aufdrängen, welche die Kenntniß der musikalischen Instrumente ferner Völker und längst vergangener Zeiten, unter der Leitung musikalisch-akustischer Principien, für die Erforschung des ganzen Zustandes der Musik haben müssen, wofern diese überhaupt eine Stufe künstlerischer Entwickelung bereits erstiegen hatte. Die Saiteninstrumente werden seltener zu Aufschlüssen führen können, da ihre Stimmung aus Abbildungen sich nicht erkennen läßt und am Instrumente selbst sich nicht erhält. Und doch erlaubt uns z. B. die 13saitige Harfe, welche Bruce an den Ruinen Thebens abgebildet fand, nicht, ganz klein vom Zustand der Aegyptischen Musik, Jahrtausende vor Christi Geburt, zu denken. Aber die Stimmung der

Blasinstrumente ist der Hauptsache nach durch ihren Bau gegeben und unveränderlich. Wie der Naturforscher aus einem Zahne den Bau des Thieres und aus diesem die Beschaffenheit der Erdoberfläche, welche es nähren mußte, vor vielen Hunderttausenden von Jahren erschließt; so wird der Akustiker und Musiker aus den Mensuren eines Blasinstrumentes, aus dem Abstand der Seitenlöcher auf die Tonleiter schließen, welche der Musik eines Volkes zu Grunde lag, und damit eröffnen sich ihm weitere Blicke in die Stufe der Kunst und der Cultur überhaupt, welche jenes Volk zu der Zeit erreicht hatte, als das Tonwerkzeug im Gebrauche war.

Die Geschichte China's geht nach den Berichten der Historiker des himmlischen Reiches mehre Jahrtausende hinter unsere Zeitrechnung zurück und bietet die grellsten Abwechslungen zwischen gestiegener Cultur und Rückfällen in Barbarei dar, welche, durch die Einbrüche der wilden Völker des asiatischen Hochlandes herbeigeführt, mit dem Wechsel der Dynastieen in Verbindung standen. Die großen Schwierigkeiten, welche das mit solchen politischen Katastrophen nothwendig verbundene Schwanken im Zustand der Wissenschaften und Künste überhaupt der Beurtheilung des wahren Thatbestandes bereiten, werden für die Tonkunst insbesondere noch vermehrt durch die Zweifel, wie viel von dem Inhalt der chinesischen Schriften über Musik auf Rechnung theoretischer Speculation allein zu setzen sei und wie viel davon in die Ausübung übergegangen war. Mit dem Maßstab europäischen Kunsturtheils gemessen, muß die heutige ächt chinesische Musik nur höchst unvollkommen erscheinen; nicht darum allein, weil sie der Harmonie entbehrt, dieß trifft die Musik aller außereuropäischen Völker ohne Ausnahme, sondern weil sie auf eine nach unsern Begriffen nur unvollkommene Tonleiter c, d, e, g, a, c_1, sich gründet, worin also die Quarte und Septime fehlen. Wir begegnen der nämlichen Unvollkommenheit noch bei andern Völkern und bekannt ist, daß dieselbe den eigenthümlichen Character der schottischen Musik ausmacht; dieser Umstand allein genügte G. Fink, eine Wanderung der Tonkunst von China durch Asien und Europa bis zum äußersten Westen anzunehmen, bei deren Schilderung wir indessen die Hypothese Brücken über manche weite Kluft schlagen sehen, welche die Geschichte gelassen hat. Der portugiesische Pater Pereyra

gewann in den Jahren 1680—1692 großen Einfluß am kaiserlichen Hofe zu Peking durch die Vorzüge der europäischen Tonkunst, worin er Meister war. Aber der Kaiser Kang-hi mußte von dem Beginnen, seine Regierung durch die Einführung dieser Musik zu verherrlichen, abstehen; da der Widerstand eines Volkes ihm gefahrdrohend wurde, welches zähe an dem Hergebrachten hält, und er sich des Blutvergießens erinnern konnte, welches von seinen Vorfahren durch eine einfache Verordnung über den Haarschnitt hervorgerufen worden war. Der Pater Amiot, durch dessen Berichte und Uebertragungen chinesischer Werke wir das Meiste über die Theorie und Ausübung chinesischer Musik erhalten haben, fand in der Mitte des 18. Jahrhunderts dieselbe in ihrer hergebrachten Unvollkommenheit und, wenn man ihm glauben darf, so hielten die Chinesen ihre Tonstücke für weit schöner und herzbewegender, als die besten Proben europäischer Tonkunst, welche er ihnen zu bieten vermochte. Alle aber sprachen mit höchster Begeisterung von einer noch älteren, verloren gegangenen Musik, deren Weisen fähig gewesen seien, jeden Hörer in unaussprechliches Entzücken zu versetzen. Malpierre behauptet dagegen in seinem 1825 erschienenen Werke, La Chine, geradezu, die heutige Musik der Chinesen sei so barbarisch, als die der Peruaner oder Mexikaner. Die musikalische Schrift, welche Amiot ins Spanische übertragen, enthält die Kunde von der theoretischen Grundlage jener älteren Musik. Nach ihr kannte man in China schon dritthalbtausend Jahre v. Chr. G. die Eintheilung der Octave in 12 Halbtöne, welche nach dem Quintencirkel hergeleitet waren und den zwölf Tonarten, Lu genannt, als Grundtöne dienten. Wir enthalten uns der Mittheilung aller der Mythen, womit die Entstehung dieser Tonarten ausgeschmückt ist, und der Allegorieen, durch welche sie mit den Erscheinungen des Himmels und der Erde in mannichfaltige Beziehung gesetzt sind, um zur Betrachtung der musikalischen Instrumente überzugehen.

Acht verschiedene in der Natur vorkommende Körper hielt man des Klanges fähig und jeder derselben mußte in der älteren chinesischen Musik zu Ehren der Gottheit, welche den Menschen die Tonkunst verliehen, zu einem musikalischen Instrumente dienen. Aus Holz fertigt man das Tschou, einen einfachen Kasten, auf welchen

beim Beginne der Musik geschlagen wird, das Tchoung-tou, ein aus zwölf Bretchen zusammengesetztes Klapperinstrument und das Ou, einen aus Holz geschnitzten ruhenden Tieger, über dessen gekerbten Rücken mit einem Stäbchen gestrichen wird, also auch ein bloses Rasselinstrument. Mit Thierfell sind die Trommeln (Kou) überzogen, welche in colossaler Größe und auf prachtvollen Postamenten kostbar aufgeputzt gebaut werden. Aus Metall bestehen die Glocken, und zwar aus einer Mischung von sechs Theilen Kupfer auf einen Theil Zinn. An diesem Klingwerk ist die chinesische Musik überreich; es hängen viele Glöckchen an einem Rahmen und sechzehn solcher Rahmen, jeder mit Glöckchen von anderer Größe bilden, an einem großen Gestelle angebracht, den Pien-tschoung. Zwölf von den sechzehn Tönen, welche man durch Anschlagen der Rahmen erhält, entsprechen den Grundtönen der 12 Lu, vier aber noch höheren Tönen, welche jenen später zugesetzt wurden. Aus Stein bestehen die sechzehn Platten des King, Fig. 38, a, welche ebenso abgestimmt und frei aufgehangen sind, wie die Glocken des vorigen Instrumentes, und mit Hämmern angeschlagen werden. Aus gebranntem Thon besteht das Hiüen, ein hohles eiförmiges Gefäß, oben offen und auf der Vorderseite mit drei, auf der Rückseite mit zwei kleinen Seitenlöchern versehen. Es gilt für das älteste musikalische Instrument der Chinesen, wird an der oberen Mündung angeblasen und giebt vermittelst der Seitenlöcher die fünf Töne der jetzt gebräuchlichen Scale. Aus Bambus sind die Flöten der Chinesen verfertigt. Yo hatte früher drei und hat jetzt sechs Seitenlöcher, sie wird am einen Ende angeblasen; Tsché dagegen, mit ebenfalls sechs Seitenlöchern, und an den Enden geschlossen, hat das Mundloch in der Mitte; Siao endlich heißt eine Vereinigung von 16 Bambusröhren verschiedener Länge nach Art einer Panspfeife. Der Kürbiß bildet die Windlade für das eigenthümlichste und zugleich vollkommenste chinesische Blasinstrument, das Cheng. Die Windlade ist mit einem S-förmigen Anblaserohr versehen und auf ihr stehen, je nach der Größe des Instrumentes, 12 bis 24 Bambuspfeifen von verschiedener Länge, so daß das Ganze einer kleinen tragbaren Orgel ähnlich ist. Die Pfeifen sind nach der Windlade hin durch Metallplatten geschlossen, an welchen in Einschnitten durchschlagende Zungen ange-

bracht sind. Dicht über der Lade ist an jeder Pfeife eine Oeffnung angebracht, und nur, wenn der Finger des Künstlers diese Oeffnung schließt, spricht die Pfeife an. Es erinnert diese Art, das gleichzeitige Ansprechen mehrer Pfeifen zu vermeiden, an ein in Peru gebräuchliches Instrument, welches acht aus Stein geschnittene Pfeifen nebeneinander in der Anordnung der griechischen Syrinx enthält, und bei welchem die Pfeifen ebenfalls nur dann ansprechen, wenn man eine seitliche Oeffnung schließt. Von dem Cheng hat Kratzenstein den Gedanken der durchschlagenden Zungen entnommen, welche jetzt in den europäischen Kirchenorgeln immer häufigere Anwendung finden.

Die musikalisch am Höchsten stehenden Instrumente der Chinesen sind das Kin und Ché, zwei Saiteninstrumente, deren Saiten aus gedrehter Seide bestehen. Das Kin hat einen ebenen Boden und eine gewölbte Decke, so daß das Ganze als flaches Cylindersegment erscheint. Längs der gewölbten Decke laufen die Saiten, 25 an der Zahl. Die Sagen der Chinesen über die Erfindung dieses Instrumentes und über die Bedeutung der fünf Saiten, auf welche es in seiner ursprünglichen Form beschränkt war, haben die größte Aehnlichkeit mit den ägyptisch-griechischen Mythen über Erfindung der Lyra. Die fünf Saiten sollen entweder den fünf Planeten oder den Elementen, deren die practischen Chinesen fünf: Metall, Holz, Wasser, Feuer, Erde, unterscheiden, entsprochen haben. Jedenfalls stand dieses Instrument in hohem Ansehen in China, da selbst die Kaiser es nicht verschmähten, sich, das Kin spielend, abbilden zu lassen. Das Ché ist in Form eines eleganten Tisches von etwa acht Fuß Länge gebaut und über die Tischplatte sind gleichfalls 25 Saiten gespannt, welche nach Amiot auf die 12 Lu abgestimmt sind, also einen musikalischen Umfang von zwei Octaven repräsentiren. Unter jede Saite ist ein beweglicher Steg gesetzt, um ihre Stimmung verändern zu können, und diese Stege sind zu je fünf: blau, roth, gelb, weiß und schwarz gefärbt. Man muß es der Vorliebe des Pater Amiot für China zu gute halten, wenn er versichert, das Ché klinge schöner als irgend ein europäisches Instrument. Wenn auch das Clavier und die Harfe in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts noch sehr unvollkommen waren im Vergleich mit ihrem heutigen Bau, so wurden sie doch schwerlich

von dem Ché übertroffen; der vollendeten Streichinstrumente gar nicht zu gedenken, welche aus den Händen der Meister des 17. Jahrhunderts hervorgegangen waren.

Amiot theilt noch einen Katalog mit, welcher auf Befehl des Kaisers Young-tscheng aufgestellt war, und die zur Zeit seines Aufenthaltes in China officiell gebräuchlichen musikalischen Instrumente enthält. Es sind deren 24, und zwar 6 verschiedene Arten von Trommeln und Pauken, 8 Kling- und Rasselinstrumente aus Glocken, Metallgefäßen und Platten oder Stäben, aus Holz, Stein oder Metall bestehend, die 2 oben beschriebenen Saiteninstrumente und 8 Blasinstrumente. Die größere Mannichfaltigkeit der letzteren allein kann schon als ein Fortschritt in der Musik angesehen werden. Das Cheng, das Hiüen, die Panspfeife sind schon oben erwähnt, das Siao wird als tiefste Flöte, Ty und Tsché als Querflöten ähnlich den unsrigen, nur ohne Klappen, Yo als unsern Querpfeifen entsprechend angeführt; außerdem noch das Koan, welches aus Elfenbein oder Ebenholz bestehend, mit einer Rohrzunge, ähnlich der Oboe, angeblasen wird.

Wie alle Verhältnisse im himmlischen Reiche, so ist auch die Zusammensetzung der Musikchöre, welche bei feierlichen und festlichen Religions- und Staatsactionen zu spielen haben, auf das Genaueste durch kaiserliche Edicte geregelt. Je nach der Wichtigkeit des Actes kann die Zahl der Mitwirkenden von zwei Mandarinen, zwei Sängern und zwölf Instrumentisten nach Amiot's Berichten auf dreizehn Mandarinen, vier Sänger und zweiundfünfzig Instrumentisten anwachsen.

Trotz der Erweiterung, welche die Anwendung der Blasinstrumente in der neueren chinesischen Musik erfahren hat, kann sich das chinesische Orchester doch dem europäischen nicht an die Seite stellen, da ihm die Krone unsrer musikalischen Werkzeuge, die Streichinstrumente, und zudem die Blasinstrumente aus Metall ganz abgehen, und dafür die Schlaginstrumente mit mannichfaltigem Kling- und Klapperwerk viel zu sehr im Uebergewicht sind.

Neuerdings freilich sind, wie man aus Malpierre's Werk entnehmen kann, in China auch Lauten, Mandolinen und selbst ein zweisaitiges Bogeninstrument bekannt und namentlich in den Händen

herumziehender Musikanten zu finden, allein diese Instrumente sind offenbar eingeführt und gehören dem chinesischen Musikkreise nicht an.

Ueber die Musik der Hindu's hat das Werk von W. Jones, sammt den Zusätzen, mit welchen es Dalberg bereicherte, einigen Aufschluß gegeben. Reicher noch, als die musikalischen Schriften der Chinesen, sind die der Inder an hochpoetischen Mythen über die Erfindung der Musik und der Instrumente; eine Fülle der phantasiereichsten Allegorieen verknüpft Tonarten und Sangesweisen mit den Jahres- und Tageszeiten oder mit andern dem Menschen wichtigen Naturereignissen. Auch darin haben die Berichte der indischen Autoren Aehnlichkeit mit denjenigen China's, daß sie von einem längst vergangenen, unendlich vollkommeneren Zustand der Tonkunst erzählen. So weit in den neueren Zeiten die Gesänge der eingeborenen Inder aufgezeichnet wurden, bietet die Tonleiter die nämlichen Lücken, wie die schottische und chinesische. Nach Bherat gab es zur Zeit Crischna's in der indischen Musik 16000 Tonarten; jede Gopi (Nymphe) wählte eine derselben zu ihrem Gesange, um das Herz ihres Schäfergottes zu rühren. Das Buch Soma aber, dessen Berichte für besonders zuverlässig gehalten werden, zählt nur 960 mögliche Veränderungen der Tonart, von welchen jedoch nur 23 in wirklich practischen Gebrauch gekommen seien. Das Buch Narayan enthält dagegen die Angabe, daß 6 Haupttonarten, Raga's genannt, und 30 Nebentonarten, Ragina's, der indischen Musik zu Grunde liegen. So viel Schwankendes und noch Unentwirrtes diese Angaben darbieten, so ist doch so viel gewiß, daß bei den verschiedenen Völkerstämmen, welche in der indischen Nation zusammen gegangen waren und deren früher gesondertes Bestehen nur in den Kasten noch sich abspiegelte, abweichende Musikgattungen und Tonarten, verschiedener Ausdruck des rein musikalischen, sowie des musikalisch-dramatischen Vortrags gebräuchlich waren; eine ähnliche Verschiedenheit der Musikdialecte, wie sie in Griechenland in provincieller Entstehung der Dorischen, Jonischen, Phrygischen, Aeolischen und Lydischen Gesangesweise auftritt.

Die große Menge von Tonarten, welche in den erwähnten musikalischen Schriften aufgeführt werden, ist nur möglich durch Benutzung weit kleinerer Intervalle, als sie unserer gleichschwebend

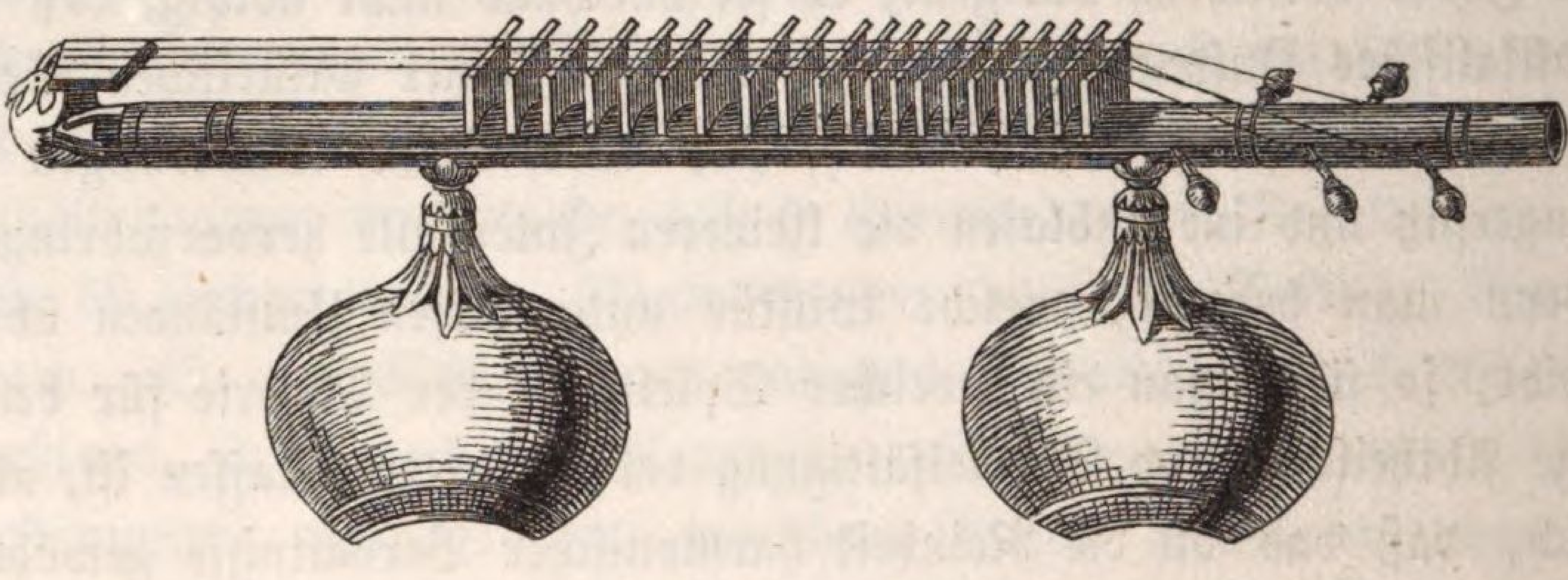
temperirten Scale eigenthümlich sind. Wie das Fehlen harmonischer Tonverbindungen ein allgemeiner Character aller außereuropäischen Musik ist, so ist der Gebrauch sehr kleiner Tonintervalle der Musik der Inder, sowie aller Länder gemeinschaftlich, welche einst unter der Herrschaft des Chalifates standen und durch den Islam ihre jetzige weltgeschichtliche Stellung erhielten, derjenigen der Perser, Türken, Araber, Aegypter &c. Es ist nicht etwa eine Anwendung enharmonischer Intervalle, welche die mathematische Reinheit der einfacheren Tonverhältnisse in allen Tonarten herstellt, denn zu diesem Ziel der Erkenntniß hat weder die Theorie, noch das verfeinerte musikalische Gehör, jene Völker geführt, sondern es sind Eintheilungen in Drittels- und Viertelstöne, verbunden mit einem vielfach angewendeten Auf- und Abwärtsziehen der Töne in völlig gebundenem Vortrag, ähnlich der bekannten Stimmbewegung beim Jodeln, welches jenen eigenthümlichen Character ausmacht. Auf das durch europäische Musik gebildete Ohr wirkt diese Vortragsweise ermüdend, den orientalischen Völkern erscheint sie als eine besondere Feinheit ihrer Musik, deren Reiz sie nur ungern entbehren würden. Die practischen Musiker der Inder versichern übrigens, es sei durchaus nicht nöthig, daß ein mnsikalisches Instrument alle jene Töne in seiner natürlichen Scale enthalte, indem es immer leicht sei, dnrch kleine Aenderungen im Fingersatz und im Anblasen die kleineren Intervalle hervorzubringen. Wenn man bedenkt, welche Willkür unter diesen Umständen übrig bleibt, so sieht man ein, welcher Spielraum der Theorie für beliebige Abtheilung und Vervielfältigung der Tonarten gelassen ist, aber auch, daß das an die Reinheit harmonischer Verhältnisse gewöhnte europäische Ohr nicht von solcher Musik entzückt sein kann, welche eine Freiheit in der Auswahl der Tonfortschreitungen gestattet, die in der Hand ungeübter Musiker nothwendig zu Excessen führen muß.

Bei den Hindu's begleiten sich Gesang, Instrumentalmusik und Mimik oder Tanz fast immer und unterstützen sich in ihrer Wirkung; es ist darum wahrscheinlich, daß die Verschiedenheit der Raga's, ähnlich wie bei den provinciellen Tongeschlechtern der Griechen, sich auf die Behandlungsart jener drei Elemente bezog. Die musikalischen Schriften ergehen sich in hochpoetischen Schilderungen der Wirkungen jener alten Raga's und Ragina's. Die Gesänge waren fähig, den

rauhen Winter in milden Frühling, Regen in Sonnenschein zu verwandeln, Thautropfen und Regenströme vom Himmel zu rufen, Feuer aus der Erde zu locken.

Der sanftere Nationalcharacter der Inder läßt erwarten, daß dieses Volk nicht, wie die Chinesen, an einem großen Aufwande rasselnder und klingender Schlaginstrumente sein Ergötzen gefunden. Es sind von diesen nur größere und kleinere Trommeln und Pauken im Gebrauch; aber selbst die Anwendung der Blasinstrumente tritt ganz zurück, die Flöten und Trompeten oder Hörner scheinen niemals zu großer Vollkommenheit gelangt zu sein. Die Saiteninstrumente stehen dagegen entschieden im Vorrang und unter diesen die Vina, welche für die indische Musik eine gleich große Bedeutung hat, wie die Orgel für die mittelalterlich-abendländische, und die Lyra für die griechische Musik, daher sie von den Indern als ein unmittelbares Geschenk der Götter angesehen wurde. Das Instrument bietet auch in akustischer Beziehung einige Eigenthümlichkeiten.

Fig. 91.



Wie die Figur zeigt, besteht es aus einem cylindrischen Rohr von etwa 40 Zoll Länge und 3 Zoll Weite. Vier Messingsaiten sind zwischen einem Sattel und einem Stege 30 Zoll lang ausgespannt und können durch 19 Stege, welche der Künstler beim Stimmen des Instrumentes auf das Resonanzrohr mit Wachs befestigt, bis auf 9 Zoll Länge, also bis zur Octavsexte des Grundtons verkürzt werden. Außerdem sind neben den Stegen einerseits noch eine freie Messingsaite; andererseits noch zwei Stahlsaiten ausgespannt. Die Stimmung ist:

a_1	a d A g	cis A
Freie Messingsaite	Auf den Stegen	Freie Stahlsaiten.

Die d= und A=saite auf den Stegen werden am Meisten benutzt und geben die folgende Tonleiter:

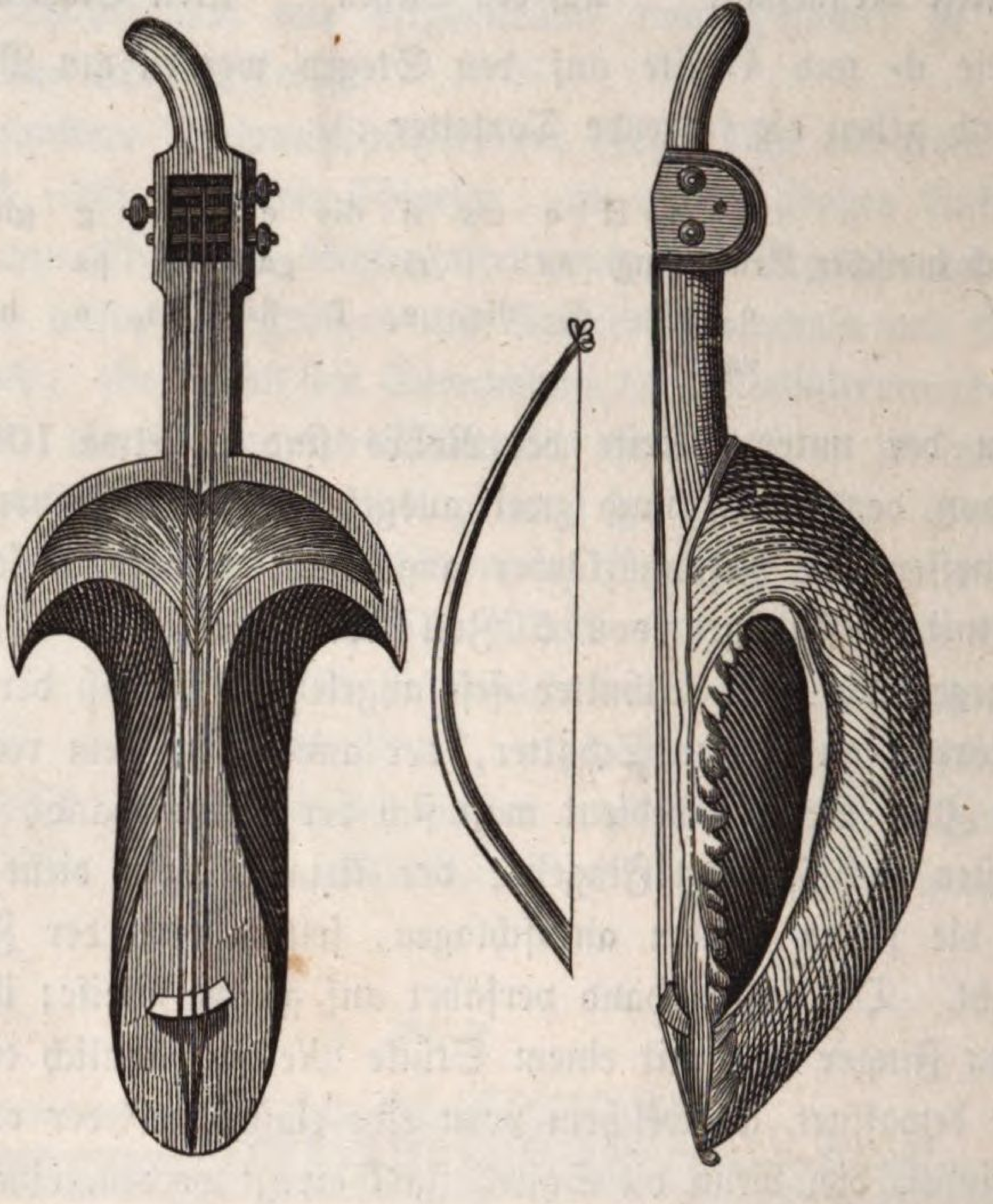
	A	B	H	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	b	h
oder nach indischer Benennung				sa		ri		ga	ma		pa		dha		ni
	c_1	cis_1	d_1	dis_1	e_1	f_1	fis_1	gis_1	a_1	h_1					
	sa														

An der unteren Seite des Rohrs sind in etwa 10 Zoll Abstand von den Enden noch zwei ausgehöhlte Kürbisse von 15 Zoll Durchmesser als Resonanzkörper angebracht und zu diesem Zweck unten mit Oeffnungen von 5 Zoll Weite versehen. „Die Vina wird gegen die linke Schulter fest angelehnt, so daß der eine Resonanzkörper auf dieser Schulter, der andere auf dem rechten Knie ruht. Zum Spielen bedient man sich der linken Hand, vorzüglich des ersten und zweiten Fingers; der kleine Finger dient nur, zuweilen die freien Saiten anzuschlagen, selten wird der Zeigefinger gebraucht. Die rechte Hand verfährt auf gleiche Weise; ihre beiden vorderen Finger sind mit einem Stücke Metall, ähnlich einem Fingerhute bewaffnet, an welchem vorn eine elastische Feder oder Spitze sich befindet, die, wenn die Saiten stark erregt werden, einen helleren Nachklang, bei leiserer Berührung aber einen angenehmen Ton giebt." (Asiatic researches, Vol. I.)

Außer der Vina findet man noch zwei Saiteninstrumente in Indien, eine Art Laute oder Guitarre mit 4 Saiten, welche von den Schlangenbeschwörern gebraucht wird, und ein zweisaitiges Bogeninstrument, Ravanastron (Fig. 92), welches von den Pandarons, einer Art wandelnder Einsiidler, gespielt wird. Wahrscheinlich sind beide Instrumente nicht ächt indisch, sondern von den westlicher wohnenden asiatischen Völkern eingeführt.

Unzweifelhaft ist die Mischung der Instrumente aus verschiedenen Musikkreisen in Hinterindien und auf dem indischen Archipel. China und Vorderindien, wahrscheinlich auch die arabisch=persische Musik haben ihre Beiträge geliefert. Auf Java, über welches wir durch Stamford Raffles history of Java (1844), sowie durch die Skizzen von der Insel Java von Pfyffer zu Neueck (1829) genauere

Fig. 92.

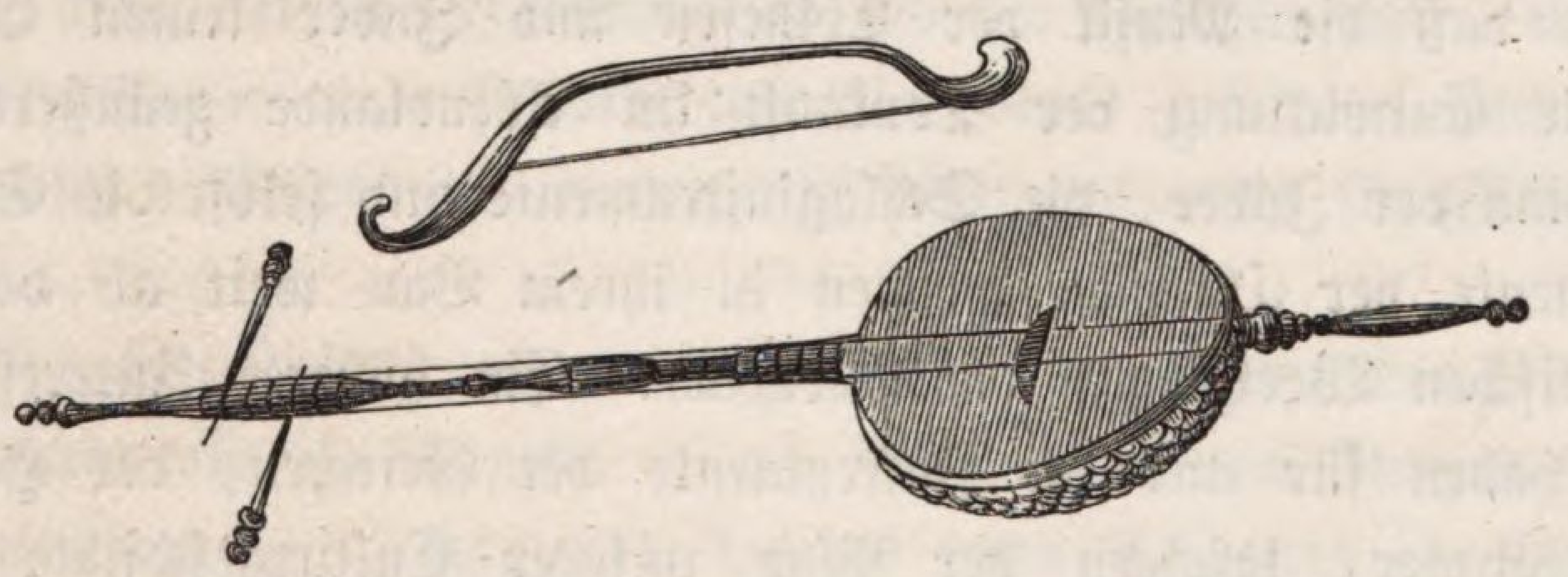


Kunde erhielten, ist die chinesische Musik im Uebergewicht. Die Stimmung der Instrumente folgt der schottischen Tonleiter ohne Quarte und Septime, die Melodieen sind arm, Harmonie fehlt ganz, dagegen zeichnen sich die zahlreichen Schlaginstrumente durch große Klangfülle aus. Auf piano= oder sophaförmigen Gestellen sind Metallvasen und Platten von Metall und Holz nach der Tonleiter geordnet. Die Namen dieser Instrumente : Gambang, Fig. 38, c, Saron, Damong und Selantam, erinnern an die Klänge selbst. Der Gambang Kayu, aus 18 klingenden Holzplatten bestehend, welche mit dem Hammer angeschlagen werden, umfaßt drei Octaven und eine große Terz. Der Gender, 11 auf Schnüre aufgezogene Metallplatten enthaltend, deren Töne durch untergestellte Resonanzröhrchen aus Bambus verstärkt werden, enthält gerade zwei Octaven. Diese Instrumente, welche mit vielen andern zusammen einen durch die

Sitte begrenzten Musikchor, das Gamblangspiel, bilden, sollen von harmonischem, schwermuthsvollem Ausdruck sein, welcher durch die bei gewissen Abschnitten eintretenden dumpfen Klänge des Gongs noch erhöht wird. Letzterer besteht aus einem frei aufgehangenen, drei Fuß weiten Metallkessel, welcher mit einem leinwandumwundenen Hammer angeschlagen wird. Der Kumpul, eine große, frei an einem Gerüste schwebende Metallplatte, ist von ähnlicher Wirkung; außerdem ist die javanische Musik noch reich an Trommeln verschiedener Form. — Bei Weitem weniger mannichfaltig und entwickelt sind die Blasinstrumente. Sie beschränken sich auf die Flöte Suling, eine ¼ Fuß lange Bambuspfeife mit Zungenmundstück, Garinding genannt, und eine Trompete.

Das vollkommenste Saiteninstrument auf Java ist das Galempung. Es enthält 10 bis 15 Saiten und erinnert dem ganzen Bau nach an das chinesische Kin. Herumziehende Sänger, die Pantons, haben eine Guitarre von armseligem Bau in Händen, und bringen mit ihren Productionen eine einschläfernde Wirkung hervor. Endlich begegnen wir auf Java zum erstenmale dem Rebab, einem zweisaitigen Instrument, welches mit dem Bogen gestrichen wird, und das uns mit geringen Aenderungen im Namen auf unserer Reise durch die alte Welt bis zum fernsten Westen begleiten wird.

Fig. 93.



Dieses merkwürdige Instrument, aus welchem die Viola, dann die Violine, kurz alle Streichinstrumente unseres Orchesters hervorgegangen sind, scheint arabischen Ursprungs zu sein und von diesem Lande aus seine Verbreitung nach Osten und Westen gefunden zu haben.

Eine ausführliche Aufzählung der musikalischen Instrumente anderer indischen Völker könnte den Leser nur ermüden, zumal da

sich kaum Characteristisches und Neues hervorheben ließe, es seien denn die mannichfaltig phantastischen Formen, in welche jene Völker ihre Saiteninstrumente gekleidet haben. Die Patola der Birmanen, die Takkag der Siamesen sind guitarrenartige Instrumente, deren Körper die Gestalt eines Alligators oder einer großen Eidechse hat. Drei Schalllöcher dienen der Resonanz zum Austritt, bezogen ist das Instrument mit zwei seidenen und einer kupfernen Saite. Außerdem besitzen die Birmanen noch ein Saiteninstrument in Form eines Schiffsbauches und eine Art Harfe, deren Resonanzkörper die Gestalt einer Katze hat. Die Saiten sind in den Raum eingezogen, welchen die Katze mit ihrem in weitem Reife geschwungenen Schwanze umschreibt. Durch die größere Zahl der Saiteninstrumente nähert die Musik dieser Völker sich dem zärteren Naturell der indischen, während eine Menge von Trommeln, Gongs, Cymbeln und Castagnetten an das Klingwerk China's erinnern.

Welches Licht die beharrlichen Forschungen in den Schätzen asiatischer Literatur dereinst auf die Wege werfen mögen, welche vor Jahrtausenden die menschliche Cultur genommen, Wege, die wir jetzt nur stückweise und vorübergehend etwa so erkennen, wie der erwartungsvolle Beschauer vom Berggipfel aus das Thal erblickt, von welchem die Nebel der Nacht noch nicht vor der Kraft der Sonne gewichen sind — Das scheint aus der Natur der Sache zu folgen, daß die Musik der Chinesen und Inder keinen Einfluß auf die Entwicklung der Tonkunst im Abendlande geäußert hat. Die Vina der Inder, die Schlaginstrumente und selbst die Saiteninstrumente der Chinesen weichen in ihrem Bau weit ab von den musikalischen Werkzeugen der Europäer. Ein höheres Interesse dagegen haben für uns die Instrumente der Griechen, der Hebräer und Aegypter, insofern der Pfad unserer Culturgeschichte direct hinauf zu diesen Völkern führt. Allein, obgleich sie die drei Gattungen von Instrumenten, die Saiten-, Blas- und Schlaginstrumente kannten und gebrauchten, so würde man doch vergeblich eine nähere Verbindung derselben mit dem Apparate unserer heutigen Orchester aufsuchen. Unser Musiksystem und unser Instrumentenbau beruht auf einer ausgebildeten Harmonielehre, welche consequent zur gleichschwebenden Stimmung führen mußte, die Völker des Alterthums

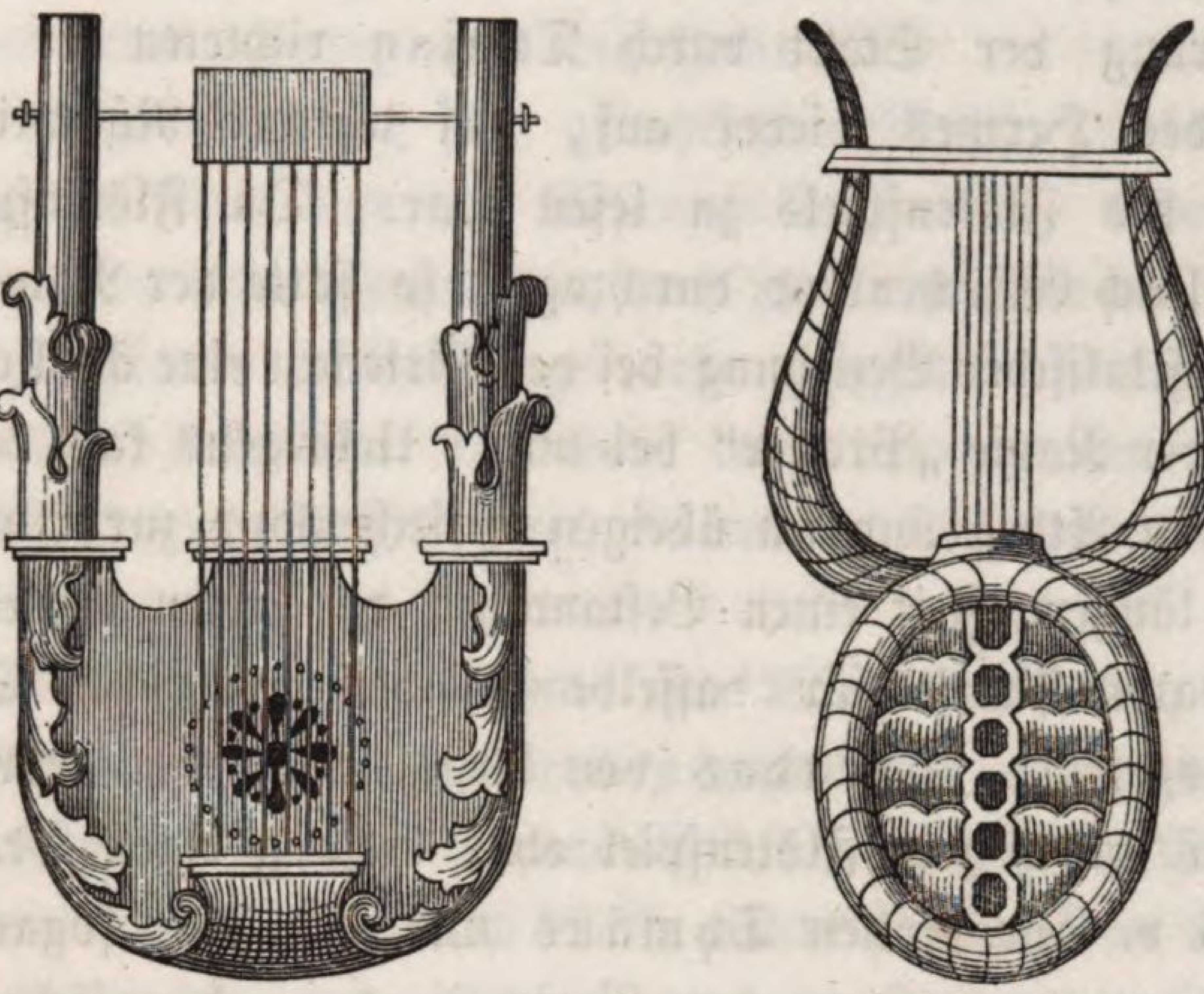
aber gebrauchten die Instrumente, — wenn man von dem Lärm absieht, welcher mit unvollkommenen Trompeten, Hörnern und Pfeifen, mit Pauken, Trommeln, Sistern, Becken und Triangeln, als Kriegsmusik und zur Begleitung gewisser religiöser Ceremonien, aufgeführt wurde und welchen wir in das Bereich der Tonkunst nicht rechnen dürfen — fast nur als Begleiterinnen des Gesangs im Einklang oder in der Octave. Natürlich waren dazu die zarten Klänge der Saiteninstrumente am Geeignetsten. Die Lyra der Aegypter, deren Erfindung sie ihrem Gotte Hermes zuschrieben, soll nur drei Saiten gehabt haben. Allein daß sie auch umfangreichere Saiteninstrumente besaßen, beweist nicht nur das Wandgemälde eines auf 13saitiger Harfe spielenden Aegypters, welches Bruce in einer Höhle in der Nachbarschaft der Ruinen Thebens fand, sondern es sprechen dafür die zahlreichen Darstellungen von Harfen auf den Resten ägyptischer Baukunst, welche unter Andern Rosselini in seinem Werke über Aegypten abgebildet hat. Da die Zahl der Saiten bis auf 17 steigt, so mußte doch wohl die alt-ägyptische Musik die niederste Stufe der Entwicklung überschritten haben. — In dem nahen Habesch scheinen sich die ursprünglichen Instrumente noch erhalten zu haben, wenigstens fand Bruce dort außer einer viersaitigen Lyra, rauh tönenden Trompeten und gellenden Flöten, nur Schlaginstrumente im Gebrauch. Er erzählt unter Anderm, daß der König überall, wo er gehe, 45 Kesselpauken vor sich her schlagen lasse, während dem Statthalter einer Provinz nur Eine Pauke zukomme, nach unsern musikalischen Ansprüchen eine wenig beneidenswerthe königliche Prärogative.

Von den Instrumenten der Hebräer kennt man mit Sicherheit kaum mehr als die Namen. Daß Mena-anim von Einigen für ein schellenbehangenes Instrument, welches beim Schütteln ein Geklingel verursacht, von Andern für eine Art Violine, und endlich auch für eine Trompete erklärt wird, ist wohl ein hinreichender Beweis unserer geringen Kenntnisse. Außer Schlaginstrumenten, Hörnern, Trompeten und Flöten, besaßen die Hebräer zwei Saiteninstrumente, eine Harfe von 10 oder 12 Saiten und eine Cither von 8 oder 10 Saiten. Ihre Musik war hauptsächlich religiöser Art und der Leser kennt den großen Aufwand, welchen vor Allen Salomo zur würdigen

Ausstattung des musikalischen Theils des Tempeldienstes machte. In der Zeit nach Christus enthielt der jüdische Tempel auch eine Windorgel, Magrepha, von welcher das talmudische Buch Erachin berichtet, daß sie hundert Töne gehabt. Eine Wasserorgel, dieses aus den Händen des Ktesibius hervorgegangene veredeltere Instrument, besaß nach dem Bericht jenes Buches der Tempel nicht.

Wie die ersten Keime der Cultur überhaupt, so verdankten die durch Thracien nach Griechenland erobernd einbrechenden Hellenen wohl auch ihre einfachsten musikalischen Instrumente den Pelasgern und namentlich den an der Küste von Asien und in zahlreichen europäischen Colonieen ansässigen Phöniciern. Die Verwandtschaft der Sage über Erfindung der Lyra deutet indessen auf eine Verbindung mit den alten Sitzen der Cultur in Aegypten hin und es läßt sich wohl schwer mit Sicherheit entscheiden, wie viel seiner theoretisch-musikalischen Kenntnisse Pythagoras den Aegyptern, wie viel er eigener Forschung und Erfindung verdankte. Zweifellos aber entwickelte sich das Tonsystem in Griechenland zu weit größerer Vollkommenheit im Umfang und in der Eintheilung der Intervalle; in der allmäligen Vermehrung der Saitenzahl der Lyra spiegelt sich dieser Fortschritt ab. Da das vollständige Tonsystem der Griechen 15 Töne enthielt und, wenn alle fünf Tetrachorde besonders besaitet wurden, 21 Saiten hinreichten, so mußten bei später erfundenen oder aus Asien eingeführten Instrumenten, wie bei dem Simikon von 35, dem Epigonion von 40 Saiten, immer mehre in Einklang gestimmt sein. Wie aber die zahlreichen Saiteninstrumente gebaut waren, worin namentlich die einzelnen sich unterschieden, darüber geben weder die Musikschriftsteller noch die Reste bildlicher Darstellungen auf antiken Kunstwerken genügenden Aufschluß. Weiß man doch nicht einmal mit Sicherheit, worin die beiden vielgenannten Instrumente, die Lyra und Kithara sich unterschieden. Wahrscheinlich zogen bei dem einen dieser Instrumente die Saiten wie bei der Guitarre über einen Resonanzboden, so daß sie nur von einer Seite gegriffen werden konnten, Fig. 94, während die Saiten des andern Instrumentes frei gespannt waren, wie bei unserer Harfe, so daß sie dem Angriff des Spielers von zwei Seiten zugänglich waren. In welche dieser Klassen Magadis und Nablion zu rechnen seien,

Fig. 91.



ist ungewiß, das Psalterion gehörte wohl unbedingt zur ersten Art, das Trigonon und die Phorminx waren harfenartige Instrumente; Barbitos und Sambuke hält man unserm Hackbret für verwandt.

Die griechischen Schlaginstrumente unterschieden sich nicht von denjenigen der Aegypter und Hebräer; dagegen kannten sie mannichfaltigere Arten von Blasinstrumenten: die einfache und doppelte Flöte, die Syrinx und Schalmey, Horn und Trompete, die Sackpfeife und die von Ktesibius erfundene Wasserorgel, — welche freilich zu sehr verschiedenen Zeiten, zum Theil erst nach der eigentlichen Blüthe griechischen Lebens, Eingang gefunden haben. Die Syrinx aus sieben Pfeifen war schon bei den Pelasgern im Gebrauche, die einfache Lotospfeife oder kleine Flöte von den Phöniziern eingeführt. Die große Flöte war frühe in Phrygien und im Küstenlande Kleinasiens, aber nicht im europäischen und jonischen Griechenland in Anwendung. Als der Bacchusdienst mit indischem Triumphgepränge über das phrygische Asien, den Hellespont nach Thracien einzog, wurde mit ihm auch das Flötenspiel in Griechenland, namentlich in Theben heimisch, da zudem in Böotien das für die Flöte geeignetste Schilfrohr wuchs. Die Jonier lernten den Gebrauch der Doppelflöte von ihren kriegerischen Nachbarn, den Lydiern, und bedienten sich ihrer vorzugsweise zur Begleitung der elegischen Distichen, daher die elegische Muse stets mit der Doppelflöte abgebildet wird.

Besonders stolz aber waren die Thebaner auf ihr Flötenspiel. Nach der Zerstörung der Stadt durch Trajan richteten sie allein die Bildsäule des Hermes wieder auf, auf welcher Rühmliches über ihre Kunst des Flötenspiels zu lesen war. Da Flötenspieler aus Theben vielfach Griechenland durchzogen, so hatte der Name „Thebaner" in musikalischer Beziehung bei den Griechen eine ähnliche Bedeutung, wie der Name „Prager" bei uns. Uebrigens kam das Flötenspiel auch in Athen und im übrigen Geiechenland zur Anerkennung, es machte längere Zeit einen Bestandtheil der freien Erziehung aus, und es waren Preise für dasselbe bei den pythischen Spielen zu Delphi ausgesetzt. Sacadas von Argos war der erste, welcher 586 v. Chr. durch sein Flötenspiel ohne Gesang einen Preis davontrug. 396 v. Chr. sollen Tymäus und Crates sogar mit der Trompete und dem Horn den Preis in den olympischen Spielen gewonnen haben. Doch scheint eben durch das Virtuosenthum auf dem immerhin noch unvollkommenen Blasinstrumente das Flötenspiel wieder in Mißcredit gekommen zu sein; es wurde bei den pythischen Spielen wieder abgeschafft, angeblich wegen des für diese Feste zu traurigen Characters der Elegie, welcher es zur Begleitung diente. Von da ab wurde dann auch das Flötenspiel von den Athenern nicht nur vernachlässigt, sondern mit Spott verfolgt; ihre Dichter erfanden und verwebten die auf Lyra und Flöte bezüglichen Mythen zum Aerger der Thebaner auf eine die letztere herabsetzende Weise. Minerva, erzählte man, habe auf einer Wanderung einst die Knochenröhre vom Fuße eines Hirsches gefunden und als Flöte angeblasen. Als sie aber im Speisesaal der Olympier geblasen, sei sie von Venus und Juno ausgelacht worden und nachdem sie im Quell am Gebirge Ida die häßliche Verzerrung der Gesichtszüge beim Flötenspiel bemerkt, habe sie das Instrument weggeworfen und im Zorne einen Fluch über den ausgesprochen, welcher es aufheben werde. Marsyas fand es und brachte es durch unverdrossene Uebung so weit, daß er glaubte, einen musikalischen Wettkampf mit Apollo eingehen zu können. Die Musen saßen zu Gericht und anfangs schien der stärkere Flötenton zu siegen, aber den Gesang des Gottes zur Lyra konnte Marsyas bei seinem Flötenspiel nicht

nachahmen; er unterlag daher und Apollo zog ihm in göttlichem Zorne über seine Verwegenheit die Haut ab.

Die ganze Richtung der griechischen Musik, welche nur auf Begleitung der Rede und des Gesanges hinauslief, widerstrebte der Anwendung von Blasinstrumenten und zudem mußten den feinsinnigen Griechen die zarten Saitenklänge mehr zusagen, als die gellenderen Töne der Flöte, welcher wir wohl nach dem ganzen Zustand damaliger Musik und Technik nicht die reinste Stimmung ihrer Scale zuschreiben können.

Dieser Kampf der Saiten- und Blasinstrumente, worin die ersteren Sieger blieben, erinnert unwillkürlich an ein Gegenstück, dessen Schauplatz in den Norden Britanniens fällt. Dort ist die Harfe, deren Klänge einst dem Volke werth waren, von der blutigen Hand eines Eroberers zerschlagen worden und an die Stelle zarter Saitenklänge sind jetzt die schrillen Töne der Sackpfeife getreten.

Ueber die Instrumentalmusik der Römer haben wir nur wenig zu sagen. Bei diesem Volke, dessen geistige Bestrebungen alle nach dem einzigen Mittelpuncte des practischen Staatslebens gerichtet waren, fanden die schönen Künste keine günstige Stätte. Sie konnten höchstens für die Vermehrung des Glanzes vornehmer Stände oder für die Befriedigung eitler Gelüste eines Herrschers Bedeutung gewinnen. Es gab keine freie selbständige Entwicklung, keinen mit den Waffen des Ernstes und der Ironie geführten Kampf für die eine oder andere Kunstrichtung; dagegen ist eine der frühesten Nachrichten über römische Instrumentalmusik die, daß zwei von den 193 Centurien, in welche Servius Tullius das römische Volk abtheilte, aus Trompetern und Hornisten bestand. Doch wird auch schon durch Plutarch in seinem Leben des Numa Pompilius berichtet, daß dieser friedliche und fromme König, bei der Eintheilung der Einwohner Roms nach Geschäften und Gewerben, den Musikanten die erste Stelle anwies, weil sie beim Gottesdienst mitwirken mußten. Bis zu dieser Zeit datirt sich also der Ursprung unserer Kunst- und Stadtpfeifer zurück, welche erst im 19. Jahrhundert allmälig verschwinden, nicht überall zum wahren Frommen der Instrumentalmusik. Ob man den folgenden Characterzug römischer Tibicinisten, welchen Livius aus der Zeit der blutigen Samniter-

kriege erzählt, als eine Aehnlichkeit mit der ehrwürdigen deutschen Zunft ansehen will, lassen wir dahin gestellt. Die besagten Tibicinisten waren darüber erzürnt, daß ihnen die Censoren verwehrt hatten, noch ferner, wie doch üblich, im Tempel des Jupiter zu speisen. Sie zogen darum aus Rom fort nach Tibur, so daß Niemand mehr in der Stadt war, um bei den Opfern zu spielen. Der Senat, welchem dieser Zustand bedenklich schien, wandte vergeblich eigene und fremde Ueberredungskünste an, um die Flüchtlinge zur Rückkehr zu bewegen. Als letztes Auskunftsmittel diente ein reichliches Gastmahl, bei welchem die Tiburtiner den durstigen Musikern dergestalt mit Wein zusetzten, daß diese widerstandslos sich nach Rom zurückfahren ließen und erst des andern Tages beim Erwachen ihre Verwunderung ausdrücken konnten, sich wieder inmitten des römischen Volkes zu sehen. Zur Erinnerung an ihre Nachgiebigkeit wurde ihnen gestattet, jährlich drei Tage in Tibicinistenkleidung spielend die Straßen Roms zu durchziehen.

Das Flötenspiel war viele Jahrhunderte lang die in Rom fast allein herrschende Instrumentalmusik und selbst die weltlichen und religiösen Gesänge wurden von Flötenspiel begleitet. Im zweiten Jahrhundert v. Chr. wurde es Sitte, bei Gastmahlen Frauen einzuführen, welche unter Begleitung von Saiteninstrumenten sangen und erst hiermit scheinen diese Instrumente in Rom Eingang gefunden zu haben. In der Kaiserzeit wurde von reichen Privatmännern großer Luxus mit der Anschaffung von Wasserorgeln und kolossalen Lyren getrieben. Aber weder dieß, noch die ungeheuren Summen, welche die Kaiser für Gesang und Instrumentalmusik aufwandten, noch endlich die Kunstreisen, welche Nero als Virtuose im Gesang und Saitenspiel durch Unteritalien und Griechenland unternahm, und deren Einzelheiten nur Ekel und Abscheu erregen können, geben uns die Ueberzeugung, daß die Römer die Musik in ihrer höheren Bedeutung gekannt und geachtet haben.

Von unsern Vorfahren, den Germanen, weiß zwar Tacitus nur über wilden Schlachtgesang und dumpfen Klang der aneinandergeschlagenen Schilde zu berichten, welche die römischen Legionen in Schrecken setzten. Aber andern Nachrichten zufolge verwandten sowohl die germanischen, als die gallischen Völkerschaften bei reli-

giösen Ceremonieen und zur Kriegsmusik Cymbeln, Schellen, Trommeln, Trompeten und Hörner. Der laute Schall der gallischen Hörner ist in der Sage von Roland verewigt, der in den Pyrenäen krank lag und noch vor seinem Ende hülferufend ins Horn stieß, daß es in der Mitte zersprang und ihm die Adern am Halse rissen; Karl der Große, obgleich acht Meilen weit entfernt, vernahm den Hornruf des sterbenden Helden. — Ein Saiteninstrument, wenn auch noch nicht sehr vollkommener Art, war bei den Galliern, den Germanen und Britanniern in den Händen der Barden. Es wird von den lateinischen Schriftstellern harpa, cithara oder auch lyra genannt. Die folgende Abbildung, welche aus der Bibel Karls des Kahlen*) entnommen ist, wo sie als Davidsharfe figurirt, mag wohl nahezu die Form der Instrumente veranschaulichen, zu deren Klängen die Barden die Heldenthaten ihres Volkes besangen. In Britannien und insbesondere in Schottland und Wales scheint die Musik sich frühe über die Stufe der lärmenden Aufführungen bei religiösen Ceremonieen und im Kriege erhoben zu haben. Beda erzählt, daß es Sitte war, bei Gelagen reiheum zu singen und den Gesang mit Saitenspiel zu begleiten. Auch hat die Harfe dort im frühen Mittelalter schon zu vollkommenerer Form sich entwickelt. Ob das „harpa" genannte Instrument einheimisch bei den Germanen war, oder durch die Kelten bei ihrer Wanderung durch die Länder des kaspischen und schwarzen Meeres bis nach Gallien, Spanien und Britannien, welche die Geschichte ihnen ansinnt, aus dem fernen Osten mitgebracht, oder endlich durch die Iberer aus dem Süden eingeführt war, liegt im Dunkel der Vergangenheit verhüllt. Dagegen war die Crwth oder rotta ein ächt keltisches Saiteninstrument, nicht unähnlich unserer Cither und einheimisch in

Fig. 95.

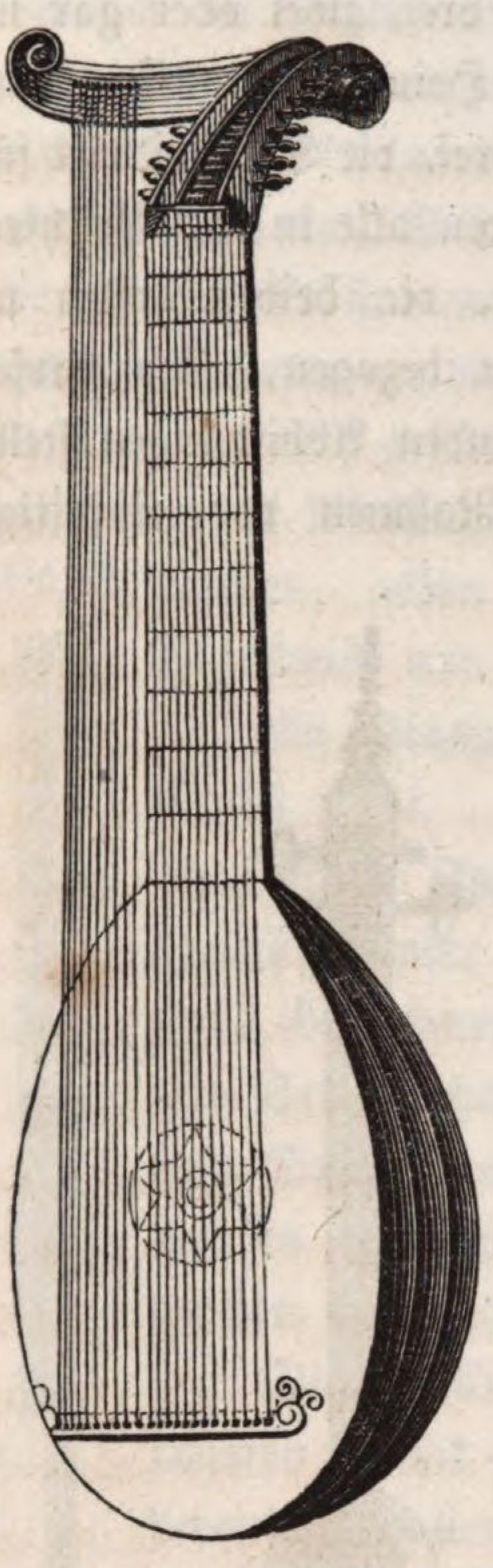


*) Vergl. Viel Castel, Costumes etc. pour servir à l'histoire de France, Paris 1827.

Britannien und Gallien. Der Name ist aber später auch auf neu eingeführte Saiteninstrumente, selbst auf Bogeninstrumente übertragen worden.

Ehe wir die Entwicklung der abendländischen Instrumentalmusik im Mittelalter weiter verfolgen, müssen wir unsere Blicke auf das Kunstleben jener Völker richten, welche unter der Herrschaft des mit unerhörter Kraftentwicklung auftretenden Islam vereinigt und zu hoher geistiger Blüthe erweckt wurden. Persien insbesondere, wo altmedische Bildung mit griechischer sich gemischt hatte, behauptete sich durch eine lange Reihe von Jahrhunderten als ein unverwüstlicher Sitz höherer Cultur, welche die wilden Völker, so oft diese auch von den Bergen herabstiegen und als Herrscher ins Land zogen, sich unterthan machte. Als der hochpoetische Geist des arabischen Wüstenvolkes sich mit persischer Bildung bereichert hatte und unter dem Scepter der Abbasiden die ganze zauberhafte Fülle und Pracht orientalischen Reichthums den Herrschersitz des Chalifen zu Bagdad umgab, da wurde im Vereine der schönen Küste auch die Musik gepflegt. Doch behielt sie auch hier den ausschließlichen Ausdruck des Melodiösen, in noch größerer Verfeinerung, als in der griechischen Musik, deren theoretische Bearbeitungen den Persern längst zugänglich geworden waren. Die Instrumentalmusik war nur Dienerin und Begleiterin der Dichtkunst und des Gesanges, und darum gingen auch vorzugsweise die Saiteninstrumente in einer großen Fülle der Formen aus jener Kunstperiode hervor. Wenn man nach jener Anschauungsweise, welche alle Vergangenheit nur als eine tendenzmäßige Vorbereitung für die Entwicklung modern abendländischer Cultur ansieht, den muhamedanischen Völkern eine musikalische Mission beimessen will, so war es die, Saiteninstrumente von vollkommenerem Bau, namentlich aber die Bogeninstrumente, und damit den Keim zu den edelsten Bestandtheilen unserer heutigen Orchester dem Abendlande zuzuführen. Die verschiedenen Formen der Laute, aus welcher die Theorbe, die Mandore und Mandoline und die Guitarre hervorgingen und jenes weitverbreitete Streichinstrument, das Rebab, sind erst durch die Araber im südlichen Europa heimisch geworden.

Fig. 96.

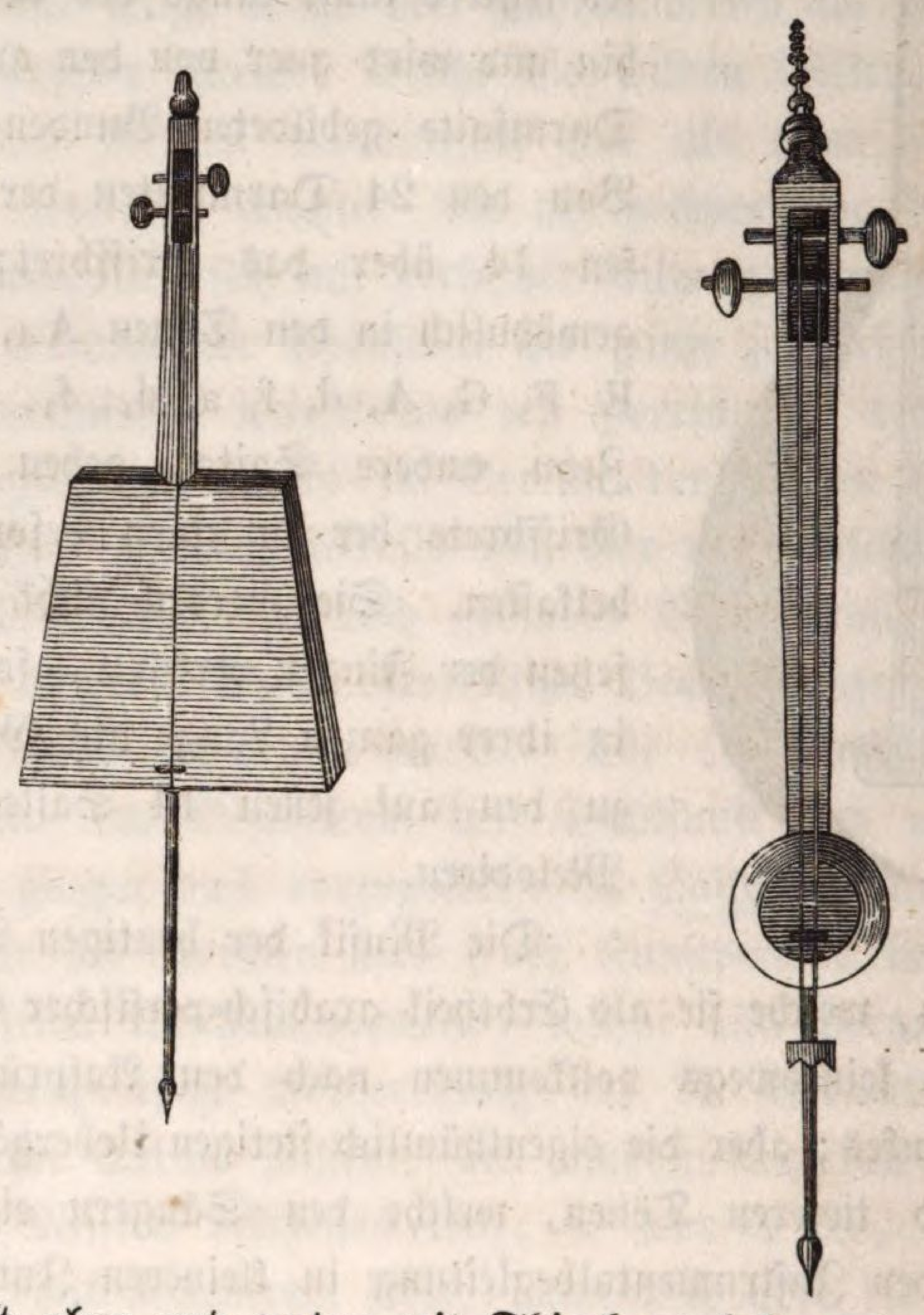


Die Laute, deren Namen man von dem arabischen Worte oud, welches testudo, Schale, bedeutet, ableitet, hat in ihrer vollkommensten Gestalt einen ovalen, nach unten rund gewölbten Körper, meist aus Ahornholz, und einen flachen Resonanzboden aus weichem trockenem Holz, mit gewöhnlich sehr künstlich verziertem Schallloche in der Nähe des Griffbretes. Dieses letztere läuft längs des langen Halses hin und wird quer von den aus Stückchen Darmsaite gebildeten Bunden durchzogen. Von den 24 Darmsaiten der Laute laufen 14 über das Griffbret; sie waren gewöhnlich in den Tönen A_{-1}, B_{-1}, C, D, E, F, G, A, d, f, a, d_1, f_1, a_1 gestimmt. Zehn andere Saiten gehen neben dem Griffbrete her in einen besonderen Wirbelkasten. Sie werden nicht durch Aufsetzen der Finger verkürzt, sondern tönen in ihrer ganzen Länge als Grundstimmen zu den auf jenen 14 Saiten gespielten Melodieen.

Die Musik der heutigen Araber und der Türken, welche sie als Erbtheil arabisch-persischer Cultur überkamen, ist keineswegs vollkommen nach den Ansprüchen unseres Kunstgeschmackes; aber die eigenthümlich stetigen Uebergänge zwischen höheren und tieferen Tönen, welche den Sängern eigen ist, die Bewegung der Instrumentalbegleitung in kleineren Intervallen als Halbtönen, in welcher doch nach der Versicherung der Musiker jener Länder keinerlei Willkür herrscht, setzt eine Feinheit des Gehörs voraus, welche in dem classisch arabischen Musiksystem einst zu einer Eintheilung in Drittels- und Viertelstöne geführt hatte. Eine Tonleiter, nach Drittelstönen fortschreitend, findet sich noch auf einem arabischen Blasinstrumente, der clarinettartigen Eraquich.

Die Menge der lautenartigen, sowie der Bogeninstrumente von mannichfacher Abwechslung der Form, mit drei, zwei oder gar nur einer Saite, zeigen, daß hier ihre eigentliche Heimath ist. Die Tambura mit zwei bis acht, die Baglama mit drei, die Sewuri mit fünf Metallsaiten, die Eud oder Oud selbst, gehören alle in das Geschlecht der Lauten; Kussir, Quanon und Santir, die beiden ersten mit Darmsaiten, das letztere mit Metallsaiten bezogen, sind harfen- und hackbretartige Instrumente. — Die folgenden Abbildungen stellen Bogeninstrumente der Araber dar. Der Rahmen der einsaitigen

Fig. 97.



Marabba ist oben und unten mit Thierhaut bespannt, so daß das Instrument gleichzeitig als Violine und als Trommel dient. Das zweisaitige Instrument hat einen Resonanzkörper aus Kokosnußschale mit Thierfell bespannt. Es ist das Rebab, welches bald mit zwei, bald mit drei Saiten im Orient und auf der Nordküste von Afrika im Gebrauche ist. Dieses Rebeb, Rebec oder Erbeb war ohne Zweifel die erste Form eines Streichinstrumentes, welche in Europa vor-

kam. Möglich ist es, daß man sich desselben schon bald nach dem Einbruch der Araber im 9. und 10. Jahrhundert bediente; im eilften Jahrhundert war es sicher in Frankreich, Italien und Deutschland bekannt, da man es in verzierten Handschriften und Reliefs jener Zeit in den Seite 42 dargestellten Formen abgebildet findet. Die Kemangeh's sind arabische Bogeninstrumente, zum Theil von vollkommnerer Form als die vorher genannten Das Kemangeh-roumy ist mit 6 in Quarten gestimmten Darmsaiten bespannt; sechs unter dem Halse liegende Messingsaiten, welche weder gegriffen noch gestrichen werden, geben Resonanz, ähnlich wie bei der früher in Frankreich und bei uns gebräuchlichen Viole d'amour.

Fig. 98.



An Blasinstrumenten fehlt es der türkisch-arabischen Musik nicht. Flöten und Flageolette, Trompeten und oboenartige Instrumente, sowie die Sackpfeife, sind im Gebrauch. Unter Allen ist eine Doppelflöte, Sumara Fig. 98, ihres besonderen Baues wegen erwähnenswerth. Das eine mit Seitenlöchern versehene Rohr dieses Instrumentes dient zum Spielen der Melodieen, während das zweite längere, welches je nach der Tonart noch durch Ansätze gestimmt werden kann, die Baßtöne giebt.

Die Stellung der musikalischen Instrumente ist in der neueren Musik des Abendlandes eine ganz andere, weit bedeutungsvollere, als sie im Alterthum war und bei den orientalischen Völkern noch ist. Sobald man die Instrumente von der Herrschaft des Gesanges emancipirte, und ihnen eine selbständige musikalische Bedeutung gab, konnten weder die unvollkommenen Blasinstrumente, noch die schwachklingenden Töne der lautenartigen Instrumente mehr genügen. Es mußte vielmehr das Bestreben auf Veredlung des Tones, nach einer Annäherung desselben an die Menschenstimme in den drei Beziehungen der Fülle, Dauer und Klangschöne, endlich auf Reinheit der Stimmung gerichtet sein. Es war kein Grund länger vorhanden, den musikalischen Umfang der Instrumente auf denjenigen der menschlichen Stimme zu beschränken, sondern man konnte das Reich der Töne nach Höhe

und Tiefe ausbeuten, soweit es irgend die Bedingungen ästhetischer Schönheit oder die technischen Schwierigkeiten zuließen.

Es ist wohl kaum ein Zweifel, daß die Grundlage unserer neueren Musik, die Anwendung der Harmoniegesetze im Contrapunkt, auch Ursache jener veränderten Stellung der musikalischen Instrumente wurde; allein bis zum 16. Jahrhundert hin waren es nur die Tasteninstrumente, die Orgel und das Clavier, welche mit der neuen Lehre in engerer, sowohl für diese, als für die Instrumente förderlicher Wechselbeziehung standen. Die Tonkunst in der höheren Bedeutung des Wortes lebte bis dahin beinahe nur der Kirche und so oft auch andere Instrumente den Feierlichkeiten des Kirchendienstes sich zugesellten, so wurden sie doch fast allerorten durch Verbote wieder aus demselben verbannt. Es ist eine bis auf den heutigen Tag vor dem Richterstuhl des Kunsturtheils noch unentschiedene Frage, ob es der Würde des Gottesdienstes mehr angemessen und der religiösen Andacht förderlicher sei, nur Vocalmusik in der Kirche zuzulassen, oder ob man auch die Instrumente zur Bereicherung der Feier gebrauchen solle. Gewiß ist, daß so vortreffliche Chöre, wie man sie in der Sixtinischen Kapelle und in den russischen Hauptkirchen ohne alle Instrumentalbegleitung hört, von erhebender Wirkung sind, welche durch kein anderes Hülfsmittel noch erhöht werden könnte. Aber wenn Thibaut in seiner „Reinheit der Tonkunst“ das Beispiel der Meister des Kirchenstyls bis gegen Ende des 16. Jahrhunderts als Zeugen gegen die Zulässigkeit der Instrumentalmusik in der Kirche aufruft, so hätte er bedenken müssen, wie die damaligen Instrumente beschaffen waren, daß diese fast ausschließlich noch in den Händen der aus der Römerzeit überkommenen fahrenden Spielleute sich befanden, und auch auf die zünftigen Stadtpfeifer die erst mit dem 17. Jahrhundert sich entwickelnde weltliche Musik noch nicht veredelnd hatte wirken können. War doch zur Zeit Kaisers Maximilian I selbst die Tafelmusik der Großen noch ausschließlich durch Sänger gebildet.

Die Spielleute, welche im Mittelalter von Burg zu Burg zogen, sich bei Festlichkeiten der Vornehmen und in den Straßen der Städte hören ließen, waren in Deutschland wenigstens eine verachtete Menschenklasse. Die Kirche belegte diese „varende Lüte“,

worunter, wie heutzutage bei Denen, welche die Drehorgel auf Messen und Märkten umhertragen, Männer und Weiber waren, mit dem Bann, der Sachsenspiegel erklärt sie für rechtlos. Bei ihrem Tode fiel ihre Habe an den Staat, die Kinder galten den unehelichen gleich und durften kein ehrlich Handwerk lernen.

In Frankreich hießen diese Musiker Menetriers; sie scheinen dort mehr Achtung genossen zu haben, als bei uns. Während des 12. und 13. Jahrhunderts bedienten sich diese Menetriers der in folgenden Versen benamten Instrumente:

Ge sai juglere de viele
Si sai de muse et de Frestele
Et de Harpe et de chiphonie
De la gigue de l'armonie
Et el salteire et en la rote.

Man weiß, daß viele die Leyer, muse die Sackpfeife, Frestele eine Panspfeife, harpe, gigue und rote harfen- lauten- und citherartige Saiteninstrumente bedeuten, dagegen ist die Bedeutung von chiphonie und armonie nicht aufgeklärt. Die provencalischen Ritter, welche im 12., 13. und 14. Jahrhundert unter dem Namen der Troubadours zu poetischen Wettkämpfen umherzogen, hatten meist Menetriers im Gefolge, welche ihre poetischen Ergüsse auf Saiteninstrumenten begleiten mußten. In der letzten Hälfte der Periode kam die Harfe und Leyer immer mehr außer Gebrauch und ein dreisaitiges Bogeninstrument, das Rebec, trat an ihre Stelle.

Was in Frankreich die Troubadours, waren in Deutschland die Minnesänger, in England die Minstrels. Bei letzteren scheint Gesang und Saitenspiel noch immer in einer Hand vereinigt geblieben zu sein und die Sänger standen, als Erben der alten Barden, in hohem Ansehen bei dem Volke. Namentlich die Harfe hatte in Irland, Wales und Schottland eine vollkommenere Form angenommen und so erregend war der Einfluß der Musik auf das Volk, daß Eduard I nach der endlichen Unterjochung von Wales 1284 es für nöthig hielt, alle Harfenspieler und Sänger hinrichten zu lassen.

Wie die Völker einst aus dem Nomadenleben zu festen Wohnsitzen übergingen, so scheint es auch mit den Saiteninstrumenten zu

geschehen. Fast bei allen gebildeten Nationen war oder ist ein Saiteninstrument als bevorzugter Liebling erkoren, um mit dem wandernden Sänger zu ziehen und seine Lieder zu begleiten. Die Vina bei den Indern, die Lyra bei den Aegyptern und Griechen, die Laute bei den Persern und Arabern, die Mandoline in Italien, die Guitarre in Spanien, ihre Tochter, die Guaranita in Brasilien, die Balaleika bei den Slaven, die Viola bei den Ungarn in den Händen wandernder Zigeuner, die Rotta und Harfe in Britannien. Nur die Chinesen bekunden von jeher in ihrem feststehenden Kin einen stabileren Character. Bei uns aber verdrängt das Piano mehr und mehr andere Saiteninstrumente; und im Norden, wo man das Haus sucht, wird es keinen Widerstand finden, mehr wohl bei den leichtbeweglichen Völkern des Südens, welche ihre duftigen Nächte beim Klange der Saiten und dem Schalle der Lieder im Freien durchwachen.

Gebirgsvölkern, welche den melodischen Ruf von Berg zu Berg senden, ist der Klang der Saiten zu schwach. Darum hat neben dem Jodelgesang in der Schweiz das einfache Alphorn Bestand und darum konnten in den Bergen Schottlands die gellenden Töne des Piobs ganz die sanften Klänge der Harfe vergessen machen, welche einst dort gehört wurden.

Nachdem der Minnegesang an den deutschen Höfen in Vernachlässigung und Verfall gerathen, die Edlen und Ritter in immer größere Rohheit und Verwilderung versunken waren, zog sich die Musik in die Umgrenzung der Städte zurück, der Bürgerstand übernahm den Minnegesang mit einer Theilung der Arbeit. Dichtkunst und Gesang fiel den Meistersängern anheim, welche den vorörtlichen Hauptsitz ihrer an strenge Regeln gebundenen Genossenschaften zu Mainz, andere Vereinigungspunkte zu Nürnberg, Augsburg, Ulm und Straßburg hatten. Die „varenden Lüte“ aber, welche die edlen Minnesänger hie und da aufgegriffen und in ihrem Gefolge mitgenommen hatten, mußten, wenn der ehrsame Bürgersmann sich mit ihnen benehmen sollte, nun selbst zünftig und ehrlich werden und in dieser neuen Eigenschaft nahmen sie den Namen der Stadtpfeifer oder Stadtmusikanten an. Als solche haben sie sich bis in den Anfang des 19. Jahrhunderts erhalten und bestehen an manchen

kleineren Orten noch. Ihre Instrumente waren in jener Zeit Trommeln, Pfeifen, Trompeten, Zinken, Posaunen, die Leyer, die Laute, die Cyther und Geige. Unter den mancherlei Gebräuchen, welche, wie in allen Zünften, so auch in derjenigen der Stadtmusikanten aufkamen und mit aller deutschen Zähigkeit festgehalten wurden, ist von musikalischem Interesse, daß fast jede Abtheilung, die Lautenisten sowohl, wie die Cytheristen, die Zinkenisten und Posaunisten ihre besondere Notation oder „Tabulatur" hatte, ein Gebrauch, welcher seine Nachwirkungen noch in unsern heutigen Orchestern äußert, da für die meisten Blasinstrumente die Noten anders geschrieben werden, als sie in Beziehung zu den Singstimmen, zu der Orgel, dem Clavier, oder den Streichinstrumenten klingen.

Die vordem nur wild vorkommende Instrumentalmusik wurde zwar in den Mauern der Städte bereits gezähmt, aber veredelt und zu einem höheren Kunstganzen vereinigt ward sie erst durch die Oper, welche seit dem Beginne des 17. Jahrhunderts sich in Italien zu entwickeln begann. Zunächst gab die classische Periode des Baues der Streichinstrumente dem Orchester einen edlen Kern und erst allmälig wurde ein Blasinstrument nach dem andern würdig befunden, in den der wahren Kunst geweihten Raum des Orchesters einzutreten. Der Bau der letzteren Instrumente konnte erst dann sich vervollkommnen, als die Verhältnisse unseres Tonsystems durch die unbestrittene Annahme der gleichschwebenden Temperatur geregelt waren. Ein großer Theil dieser Fortschritte geschah erst im 19. Jahrhundert und noch ist die Vervollkommnung keineswegs abgeschlossen, während Verbesserungen im Bau der Streichinstrumente weder seit der Mitte des 17. Jahrhunderts geschehen, noch vorerst abzusehen sind.

Wir gedenken nicht, den Leser durch eine Wiederholung dessen zu ermüden, was über die Geschichte der Orgel, des Pianoforte's, sowie unserer heutigen Orchesterinstrumente früher mitgetheilt wurde. Dagegen stellen wir diese Instrumente nach ihrem musikalischen Umfang und ihrer Stimmung in folgender Uebersicht zusammen:

Die Singstimmen und

Instrumente	Ganzer Umfang	Gebräuchlicher Umfang	Töne	Octaven	Stimmung
Sopran	c_1 bis b_2	c_1 bis as_2	23	2	
Halbsopran	a " g_2	b " f_2	22	$1\frac{3}{4}$	
Alt	f " f_2	g " d_2	25	2	
Tenor	c " b_1	c " a_1	23	2	
Baryton	A " f_1	B " f_1	21	$1\frac{3}{4}$	
Baß	F " e_1	F " es_1	24	2	
Violine	g " e_4	g " a_3	46	4	g, d_1, a_1, e_2.
Viola	c " a_3	c " g_2	46	4	c, g, d_1, a_1.
Violoncelle	C " a_2	C " b_1	46	4	C, G, d, a.
Contrebaß	E_{-1} " f	E_{-1} " f	26	$2\frac{1}{4}$	E_{-1}, A_{-1}, D, F. G
Harfe	F_{-1} " d_4	F_{-1} " a_3	70	6	Diatonisch. 41 Saiten.
Guitarre	E " e_2	E " e_2	25	2	E, A, d, g, h, e_1.
Fortepiano	A_{-2} " a_4	C_{-1} " c_4	85	7	Chromatisch.
Orgel	C_{-2} " c_5	C_{-2} " c_5	97	8	Chromatisch.
Flöte	h " c_4	d_1 " b_3	38	$3\frac{1}{4}$	Chromatisch.
Piccolo	d_2 " a_4	h_2 " a_4	32	$2\frac{3}{4}$	"
Flageolet	d_2 " d_4	d_2 " d_4	25	2	"
Clarinette					
in A	cis " a_3	cis " cis_3	45	$3\frac{3}{4}$	"
in B	d " b_3	d " d_3	"	"	"
in c	e " c_4	e " e_3	"	"	"
in d	fis " d_4	fis " fis_3	"	"	"
in es	g " es_4	g " g_3	"	"	"
in f	a " f_4	a " a_3	"	"	"
Baßclarinette	D " b_2	D " d_2	45	$3\frac{3}{4}$	"
Bassethorn	F " f_3	F " c_3	49	4	"
Oboe	c_1 " f_3	e_1 " c_3	32	$2\frac{3}{4}$	"
Englisches Horn	f " c_3	f " a_2	31	$2\frac{1}{2}$	"
Fagott	B_{-1} " es_2	B_{-1} " g_1	45	$3\frac{3}{4}$	"
Contrafagott	D_{-1} " d	D_{-1} " d	25	2	"

die Orchesterinstrumente.

Instrumente	Ganzer Umfang	Gebräuchlicher Umfang	Töne	Octaven	Stimmung.	
Trompete						
in B	B-1 bis unbest.	f bis b_2	14	$2\frac{1}{2}$	f, b, d_1, ..	u. s. f. in den Naturtönen.
in c	C „ unbest.	g „ c_3	14	$2\frac{1}{2}$	g, c_1, e_1, ..	
in d	D „ unbest.	a „ a_2	13	2	a, d_1, fis_1, ..	
in es	Es „ unbest.	b „ b_2	13	2	b, es_1, g_1, ..	
in e	E „ unbest.	h „ h_2	13	2	h, e_1, gis_1, ..	
in f	F „ unbest.	c_1 „ c_3	13	2	c_1, f_1, a_1, ..	
in g	G „ unbest.	d_1 „ h_2	10	$1\frac{3}{4}$	d_1, g_1, h_1, ..	
in a	A „ unbest.	e_1 „ cis_3	10	$1\frac{3}{4}$	e_1, a_1, cis_2, ..	
in b	B „ unbest.	f_1 „ d_3	10	$1\frac{3}{4}$	f_1, b_1, d_2, ..	
Ventiltrompete						
in C	Gis 1 „ unbest.	g „ c_3	30	$2\frac{1}{2}$	Chromatisch.	
Horn						
in B	B-2 „ unbest.	F „ b_1	14	$2\frac{1}{2}$		Das Horn hat die nämliche Tonfolge, wie die entsprechende Trompete, jedoch in einer um eine Octave tieferen Tonlage.
in c	C-1 „ unbest.	G „ c_2	14	$2\frac{1}{2}$		
in d	D-1 „ unbest.	A „ a_1	13	2		
in es	Es-1 „ unbest.	B „ b_1	13	2		
in e	E-1 „ unbest.	H „ h_1	13	2		
in f	F-1 „ unbest.	c „ c_2	13	2		
in g	G-1 „ unbest.	d „ h_1	10	$1\frac{3}{4}$		
in a	A-1 „ unbest.	e „ cis_2	10	$1\frac{3}{4}$		
in b	B-1 „ unbest.	f „ d_2	10	$1\frac{3}{4}$		
Ventilhorn						
in C-1	Gis-2 „ unbest.	G „ c_2	30	$2\frac{1}{2}$	Chromatisch.	
Posaune						
Alt in b	G-1 „ d_2	g „ d_2	20	$1\frac{3}{4}$	Chromatisch.	
Tenor in f	Fis-1 „ b_1	cis „ b_1	22	$1\frac{3}{4}$	Chromatisch.	
Baß in B	E-1 „ gis_1	E „ gis_1	29	$2\frac{1}{2}$	Chromatisch.	
Ophicleide	B-1 „ c_2	B-1 „ a_1	39	$3\frac{1}{4}$	Chromatisch.	
Baßtuba	C-1 „ c_2	F-1 „ g_1	49	4	Chromatisch.	
Pauken	F „ f	F „ f	1		Auf Einen Ton.	
Große Trommel	c	c	1		c.	
Triangel	c_2	c_2	1		c_2.	

Die Anordnung in vorstehender Tabelle ist nach Familienähnlichkeit der Instrumente getroffen, die Stellung der Familien selbst aber drückt annähernd den Rang aus, welchen ihre Glieder nach dem Grade ihrer musikalischen Vollkommenheit im Orchester einnehmen. Die Singstimmen, die Streichinstrumente und etwa noch die Harfe mit dem Pedal à double mouvement, werden stets den großen Vorzug für sich haben, daß sie mit Beachtung der enharmonischen Intervalle alle Tonarten rein zu intoniren erlauben. Bei den Blasinstrumenten wird dieß niemals zu erreichen sein, es sei denn, daß man für jede Tonart ein besonderes Individuum jeder Species bestimme.

Wenn man absieht von einigen neuen Formen der Blasinstrumente aus Metall, der Ophicleide, dem Bombardon und der Baßtuba, welche übrigens für das Orchester nur eine untergeordnete Bedeutung gewonnen haben, so ist die im Jahr 1696 von Denner erfundene Clarinette das letzte Instrument, welches in den Chor des Orchesters Eintritt erhalten hat. Es sind zwar eine große Menge neuer Formen musikalischer Instrumente erfunden und ausgeführt worden — Schneider zählt deren in seiner im Jahre 1834 erschienenen historisch-technischen Beschreibung musikalischer Instrumente 86 auf — allein ihr Erscheinen und ihr Glanz war meteorischer Art. Dieß kann gegenüber den wissenschaftlichen Fortschritten der Akustik, welche doch vorzugsweise in den letzten anderthalb Jahrhunderten geschahen, auffallend erscheinen; haben doch selbst die von Chladni mit so viel Einsicht und mit unsäglicher Geduld aus klingenden Stäben erbauten Instrumente, der Clavicylinder und das Euphon, keinen Bestand gehabt, — allein die Gründe liegen nicht fern. Entweder leisteten die neu erfundenen Kunstwerke nicht mehr, als bereits vorhandene längst bewährte Instrumente, oder sie eigneten sich, wie z. B. Chladni's Instrumente, nur zur Ausführung langsam fortschreitender getragener Tonstücke, womit man bei der Stufe, zu welcher die Tonkunst sich erhoben hat, bei dem Reichthum rhythmisch-melodischer Formen, welche die musikalische Phantasie verlangt, unmöglich mehr ausreichen kann, oder die Behandlung der Instrumente war zu schwierig und erforderte, wie etwa zum Treten der Bälge oder zum Drehen von Walzen, die Mithülfe

zweiter Personen, oder endlich das Werk hatte einen zu wenig dauerhaften Bau. Die letzteren Mängel waren häufig durch das Bestreben erzeugt, die musikalische Wirkung vieler unserer Orchesterinstrumente in einem einzigen Werk zu vereinigen. Es läßt sich nicht läugnen, ein Instrument, welches mit dem Umfang und der leichten Behandlung unsrer Tasteninstrumente, des Claviers z. B., die Möglichkeit des getragenen Spiels und des wunderbar ergreifenden Crescendo der Streichinstrumente vereinigte, müßte uns als das Ideal eines musikalischen Hülfsmittels erscheinen. An Bestrebungen in dieser Richtung hat es nicht gefehlt und schon das von Hans Hayden, Organisten der Sebalduskirche in Nürnberg, im Jahre 1610 erbaute Gambenwerk gehört derselben an. Zehn bis zwölf kleine Rollen, welche durch ein mit dem Fuß in Bewegung gesetztes Schwungrad gedreht wurden, waren auf ihrem Umfang mit Pergamentstreifen bekleidet und diese mit Colophonium bestrichen. Durch Tasten wurden die Saiten des Instrumentes an die Rolle gedrückt und ließen dann einen geigenartigen Ton vernehmen. Allein weder dieses von Kaiser Rudolph II privilegirte Instrument, noch seine im Jahre 1757 von Hohlfeld verbesserte Form, in welcher es den Namen Bogenclavier führte, vermochten der Vergessenheit zu entgehen. Ebensowenig die von Prätorius abgebildete „Schlüsselfiddel", ein violoncelleartiges Bogeninstrument, dessen Hals in einen Kasten verschlossen war, aus welchem nur die Tasten hervorsahen, etwa 16 an der Zahl, mittelst deren die Tonleiter gespielt wurde, wie bei der gewöhnlichen Bauernleyer.

Die Wissenschaft ist darum doch nicht ohne Einfluß auf die Vervollkommnung der musikalischen Instrumente geblieben und wir hoffen, daß es uns gelungen ist, dem Leser anschaulich zu machen, welche Bedeutung die Akustik für den Bau der Blasinstrumente, sowie für die reine Stimmung aller Instrumente gewonnen hat.

Es scheint, als ob es gerathener sei, anstatt nach neuen und mannichfaltigen Combinationen zu suchen, zuvor die einfachsten Schallmittel, die schwingende Saite und die tönende Luftsäule in möglichster Vollständigkeit auszubeuten und der immer weiteren Vervollkommnung der bereits vorhandenen Instrumente nachzugehen. Der gebildete Kunstgeschmack des Musikers und die theoretische Ein-

sicht des Physikers müssen sich verbinden, wenn dieses erste Ziel erreicht werden soll.

Wer auf einem Instrument spielen will, welches die Vorzüge aller bekannten musikalischen Werkzeuge vereinigt, dem ist zu rathen, daß er Concertdirector werde. Das Orchester ist ein Instrument von wunderbarer Vielseitigkeit des Ausdrucks und von riesenhafter Kraft, auf ihm kann mit hundert Armen spielen, wer ihm Geist und Leben einzuhauchen versteht, wer als tiefer Kenner seine Klangfarben durch alle Schattirungen verfolgt hat und ihrer Meister ist. Die Schilderung dieser Klangfarben, bei welcher man in der musikalischen Literatur ähnlichen Flügen überschwänglicher Phantasie begegnet*), wie bei der Characteristik der Tonarten, liegt zu weit ab von dem wissenschaftlichen Boden, welchen wir nicht verlassen dürfen, als daß wir selbst sie unternehmen könnten. Wir verweisen den Leser auf die Beilage von Nr. 30 der Leipziger allgemeinen Musikzeitung im Jahrgang 1833, worin jene Characteristik aus der launigen Feder eines bewährten Kunstkenners enthalten ist, auf die musikalische Compositionslehre von A. B. Marx und auf „die Kunst der Instrumentirung“ von H. Berlioz. Selbst dieser hervorragende Musiker ist wohl in der Schätzung der materiellen Mächte der Tonkunst zu weit gegangen. Er verspricht wahre Wunder von den Aufführungen eines Orchesters aus 456 Instrumenten, worunter 120 Violinen, 40 Violen, 45 Violoncelle, 33 Contrebässe, 30 Harfen, 30 Fortepiano's, 14 Flöten ꝛc. Hören wir ihn selbst: „Aber in den tausend möglichen Zusammenstellungen dieses Riesenorchesters würde ein Reichthum von Harmonieen, eine Mannichfaltigkeit von Klangfarben, eine Aufeinanderfolge von Gegensätzen wohnen, womit sich Nichts, was bis auf den heutigen Tag in der Kunst ge-

*) Raff theilt in seiner „Wagnerfrage“ an die Blasinstrumente folgende Farben ohne Weiteres aus:

Posaune — purpurroth bis braunviolett.
Horn — waldgrün bis braun.
Trompete — scharlach bis purpurviolett.
Fagott — grau bis schwarz.
Oboe — hellgelb bis saftgrün.
Flöte — hell, farblos bis luftblau.

schaffen worden, vergleichen ließe und obendrein eine unberechenbare Gewalt der Melodie, des Ausdrucks und des Rhythmus, eine durchdringende Kraft, wie in Nichts Anderem, eine wunderbare Begabung für Schattirungen im Ganzen, wie im Einzelnen. Seine Ruhe würde majestätisch sein, wie der Schlummer des Oceans; seine Bewegungen würden an die Stürme der Tropenländer, seine Ausbrüche an das Tosen der Vulkane erinnern; man würde darin die Klagen, das Gemurmel, das geheimnißvolle Geräusch der Urwälder wiederfinden, das Flehen, die Bitten, die Triumph- oder Trauergesänge eines ganzen Volkes voll mittheilenden Gemüthes, voll glühenden Herzens, voll wilder Leidenschaften; sein Stillschweigen würde Furcht einflößen (!) durch seine Feierlichkeit, und selbst die zähesten Naturen müßten erbeben, sähen sie, wie sein Crescendo brüllend größer und größer würde, gleich einer ungeheueren erhabenen Feuersbrunst!"

Das Erhabene streift bekanntlich sehr nahe an das Lächerliche und es ist dafür gesorgt, daß auch im Reich der Töne die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Die wahre Kunst vermeidet ein Uebermaß äußerer Hülfsmittel; an den Compositionen des Stümpers, und wenn er mit beiden Händen in den größten Farbenkasten greift, geht der Kenner vorüber, um seine Gunst den wenigen Kreidestrichen zu schenken, in welchen ein Meister seine Ideen niederlegte.

Es ist dem minder Begabten ein warnendes Exempel, daß selbst ein Genius wie Berlioz, nachdem er sein großes Orchester dem Publikum vorgeführt hatte, nur Spott erntete. Man berichtete aus dem großartigen Concerte von einer Riesenbaßgeige, deren Saiten sprangen und den Künstler tödteten, von einer colossalen Posaune, deren Auszug beim ersten Anblasen hinausfuhr und den Arm des unglücklichen Musikers mitriß, von einem Horn, das im furchtbaren fortissimo sich plötzlich der ganzen Länge nach gerade reckte und erst bei sanfteren Melodieen wieder in gefällige Windungen sich umbog.

14. Die menschliche Stimme und das Gehör.

Wer sich das Wesen der Musik vergegenwärtigt und daß diese Kunst, ohne Vorbild in der Natur, die eigenste Schöpfung des Menschen ist, dem kann es nicht räthselhaft bleiben, warum in dem Klange der menschlichen Stimme, im Gesange, der musikalische Ausdruck seinem wahren Ideale am Nächsten kommt. Darum ist es jederzeit das Bestreben der Künstler gewesen, in der Vervollkommnung der musikalischen Instrumente, auf diese die eigenthümlichen Vorzüge der menschlichen Stimme in möglichster Vollständigkeit zu übertragen, und die Instrumente, welche nach Tonlage und Klangfarbe der Menschenstimme am Aehnlichsten sind, wie manche Zungenwerke der Orgel, die Oboe, und unter den Streichinstrumenten das Violoncelle, stehen auch in dem Rufe, das Gemüth des Hörers am Mächtigsten zu ergreifen und zu bewegen.

Wiewohl der Gesang zu allen Zeiten bei wilden wie bei civilisirten Völkern anzutreffen war und namentlich fast überall einen wesentlichen Bestandtheil der religiösen Feier bildete, so kennt die Geschichte doch nur zwei Epochen seiner eigentlich kunstmäßigen Entwickelung, die Periode der griechischen Musik und diejenige der christlichen, oder allgemeiner, der modern-abendländischen Musik.

In Griechenland war der Gesang in inniger Verbindung mit der Poesie das fast ausschließliche Element der Musik, so daß die Geschichte des Gesanges, verbunden mit der allmäligen Entwickelung der begleitenden Lyra, gleichbedeutend ist mit der Geschichte der

griechischen Musik überhaupt. In den ältesten Zeiten waren es religiöse Gesänge, von hervorragenden Männern erfunden, welche bei dem Gottesdienste in feierlicher Weise aufgeführt wurden und welchen man den größten Einfluß auf die Sänftigung der Leidenschaften und Besserung der rohen Sitten beimaß. Die Jugend wurde im Gesang unterrichtet, um bei Festen die Hymnen zu Ehren der Götter und der Helden des Landes aufzuführen. Begabtere Sänger rangen bei den öffentlichen Spielen um die Palme, die gemeinsamen Unternehmungen, wie der Argonautenzug nach Colchis und die Vereinigung der griechischen Völker gegen Troja, gaben den Gesängen der Rhapsoden eine epische Unterlage. Freiere und kühnere Formen gewann die Musik in den lyrischen Gesängen Terpanders, in den Dithyramben Arions, den Liedern der Sappho und des Alcäus. Das melodische Element der Musik trat allmälig in seine Berechtigung, während in den Götter- und Heldenhymnen sowie in den epischen Gesängen, das Rhythmisch-Declamatorische fast allein herrschend gewesen war. Zur höchsten Blüthe gelangte die Gesangeskunst jedoch erst in dem alle Elemente der früheren Sängerschulen umfassenden Drama, welches sich auf dem Boden freiester hellenischer Bildung in der athenischen Schule entwickelte. Der Dialog wurde in getragenen Tönen und rhythmischer Abmessung vorgetragen, ähnlich unserm heutigen Recitative, der Chor, welcher stets aus Männern bestand, führte, von dem Koryphäen geleitet, seine Gesänge unter feierlichen Umzügen und pantomimischen Tänzen aus; die freieste Melodik aber herrschte im Monologe. In diesem konnte der Künstler ohne Rückhalt den Gebilden musikalischer Phantasie sich hingeben; die Monodie war zwar unserer heutigen Arie, wenn wir darunter die durch strenge Regeln gebundene Kunstform verstehen, nicht gleich, aber sie kam ihr ohne Zweifel am Nächsten. Alles, was uns die erst nach der höchsten Blüthezeit griechischen Lebens auftretenden Theoretiker im Gebiete der Musik hinterlassen haben, reicht nicht aus, um uns ein gegründetes Urtheil über den musikalischen Werth der einzelnen Bestandtheile des Drama's zu gewähren; allein wenn auch diese vollendetste Form griechischer Musik mehr als anderthalb Jahrtausende für die Entwicklung der Kunst verloren zu sein schien, so hat sie doch gegen

Ende des 16. Jahrhunderts, nachdem die Kenntniß des griechischen Alterthums im Bewußtsein des Abendlandes wieder lebendig geworden war, den Anstoß zur Entwicklung der Poesie, Musik und Mimik aufs Neue in sich vereinenden Oper gegeben.

Die ersten Anfänge des christlichen Kirchengesanges bieten ein sprechendes Beispiel, wie alle Fortschritte auf dem Wege menschlicher Erkenntniß und menschlichen Schaffens nur allmälig und in stetiger Folge gethan werden können. Der älteste, oder ambrosianische Kirchengesang, beschränkte sich fast nur auf das Rhythmische, welches ja in der Entwicklung der Musik immer als das früheste Element auftritt, nur die Schlußfälle um eine Secunde, Terz, Quarte oder Quinte, verriethen eine Spur von Melodischem. Der dem Ohre wahrlich nicht schmeichelnde Gesang des Priesters in der heiligen Messe erinnert an diese Kunstform. Gregor ersetzte den ambrosianischen Gesang durch den von ihm erfundenen und dieser bestand zwar aus steigenden und fallenden Noten, und schloß somit den Keim der Melodie in sich, aber er ging in völlig gleichwerthigen Noten, wie unser Choral, ohne Metrum und Rhythmus. Erst mehre Jahrhunderte später wußte man beide musikalische Elemente, das rhythmische und melodische, vereint anzuwenden. Von da ab war aber in der Ausbildung der Harmonie in Verbindung mit der Rhythmik der Kunst eine hinlänglich große Aufgabe gestellt, um sie noch ein halbes Jahrtausend zu beschäftigen. Die ganze Periode der Troubadours, Minstrels und Minnesänger, so reich sie nicht nur an poetischen, sondern auch an musikalischen Erzeugnissen gewesen sein mag, blieb doch auf die Entwicklung des eigentlichen Kunstgesanges und der Musik überhaupt, welche in ihren frühesten Perioden mehr als ein Gegenstand der Gelehrsamkeit, denn als ein Produkt freier schöpferischer Thätigkeit behandelt wurde, ohne unmittelbaren Einfluß.

Wenn auch der Contrapunkt in den Niederlanden auf dem Boden der weltlichen Musik zuerst erblühte *), so wurde doch bald

---

*) „Glücklicher Weise hatte die Praxis der Lehrsätze des Joannes de Muris früh im 14. Jahrhundert ihre Heimath und ihren Character in den niederländischen Provinzen gefunden, deren durch ihre Manufacturen und Ge=

nach der Rückkehr der Päpste aus Avignon, der mehrstimmige Gesang auch in die italienische Kirche aufgenommen und im Kirchengesang die Entwicklung des contrapunktischen Satzes vorzugsweise gepflegt.

Wie wir bereits bemerkten, war es der Rückblick auf das griechische Drama, welcher zu Ende des 16. Jahrhunderts das melodiöse Element in dem freien Sologesange endlich wieder zu der Stellung emporhob, welche dieser höchsten aller musikalischen Kunstformen gebührt, und welche das natürliche Kunstgefühl im Kampfe gegen die Strenge der hergebrachten Regeln ihm schon früher zu erringen getrachtet hatte. Bis zum 16. Jahrhundert blieb der eigentliche Kunstgesang Eigenthum der Kirche und unterthan den Regeln des Contrapunktes und noch heute halten Kenner die Ausführung der Meisterwerke des Kirchengesanges durch die vortrefflichen Chöre der Sixtin'schen Capelle oder der Petersburger Metropole für einen der erhabensten Kunstgenüsse. Da aber in den Harmonieverbindungen die fruchtbaren Keime für den melodiösen Kunstgesang selbst gelegen waren, so konnte der strenge Styl der kirchlichen Musik dem einmal geweckten musikalischen Sinne und der Gesangesvirtuosität nicht hinreichenden Spielraum gewähren und in der That sehen wir die Kirchenzucht von den Zeiten des Déchant oder Discantus in stetem Kampfe mit den Sängern, deren natürliches Kunstgefühl die Schranken des Herkömmlichen und durch die großen Meister Geheiligten zu durchbrechen trachtete. Manches harmonische Gefüge, welches später unter die Regeln der Kunst

---

werbe, durch Handel und Schiffahrt frühe blühende, in einer gewissen Behaglichkeit lebende Bevölkerung, zumal in den durch wohlgeregelte Municipalverfassungen und durch Privilegien begünstigten Städten, natürlicher Weise besser aufgelegt war, „die schöne Kunst, welche das Leben erheitert" zu pflegen, als dieß in den durch unaufhörliche innere und äußere Kriege hart bedrängten, durch das roheste Feudalwesen und durch schlechte Regierungen zerrütteten französischen Provinzen damals noch der Fall sein konnte. Daß der Contrapunkt in den Niederlanden, sowie gleichzeitig, nur mit minderem Erfolg, zu Florenz zuerst in fröhlichen Zirkeln zu beliebten Liedern ausgeübt und dann an den Höfen zur Unterhaltung der Großen eingeführt worden war, ehe er den Weg in die Kirche fand, ist ganz klar; alle Erscheinungen deuten bestimmt darauf hin." Kiesewetter, Geschichte unserer heutigen Musik, S. 45.

eingerichtet ward, mag vorahnend von den Sängern in den freien Schwung des Discants gelegt worden sein, welchen sie über dem Tenor des Kirchenliedes ausführten. Als der Kirchengesang einmal in Frankreich und bei dem frommen deutschen Volke Eingang gefunden hatte, that es wahrlich oft Noth, dem Uebermaß zu steuern. In manchen Kirchen und Klöstern waren Stiftungen gemacht worden, um einen ewigen Gesang zu unterhalten, man sang unbarmherzig am Sterbelager der Kranken und während der Feuer- und Wasserprobe der Angeklagten. Von der heiligen Radegunde, Königin von Frankreich, erzählt ihr Biograph, sie habe Nächte durch so lange gesungen, bis sie einschlief und auch dann noch fortgesungen.

Gegen die Ausschreitungen des naturwüchsigen Discants erließen die Kirchenobern wiederholt Verbote; Todtenmessen z. B. durften gar nicht discantirt werden, Papst Johann XXI richtete im Jahre 1322 eine Bulle gegen Anwendung allzu complicirter Harmonieen im Kirchengesang, und das Concil zu Trient war 1565 auf dem Punkt, sich gegen jeden Gebrauch figurirter und künstlich harmonischer Musik in der Kirche auszusprechen, als Palestrina eine Commission von acht Cardinälen durch einige meisterhafte Compositionen noch rechtzeitig überzeugte, daß der Contrapunkt der Würde der Kirchenmusik keine Gefahr bringe.

Welche unendliche Sorgfalt die italienischen Singschulen, von Papst Sylvester im Beginne des 4. Jahrhunderts gegründet und von der Kirche wohlgepflegt, auf die Ausbildung ihrer Schüler verwendeten, mag die folgende Stelle aus Angellini Buontempi's Geschichte der Musik bezeugen: „Die Schüler der römischen Schule waren verbunden, sich täglich eine Stunde in schweren Intonationen zu üben, um Leichtigkeit in der Ausführung zu erlangen; eine andere Stunde wandten sie zur Uebung des Trillers an, eine weitere zu schnellen Passagen, eine andere zur Erlernung der Literatur und noch eine weitere zur Bildung des Geschmackes und Ausdruckes, alles in Gegenwart des Meisters, der sie anhielt, vor einem Spiegel zu singen, um jede Art von Grimasse oder unschicklicher Bewegung der Muskeln, entweder im Runzeln der Stirne oder Blinzeln der Augenlieder oder im Verzerren des Mundes zu vermeiden. Alles dieß war nur die Beschäftigung des Morgens.

Nachmittags wandten sie eine halbe Stunde auf die Theorie des Schalles, eine andere auf den einfachen Contrapunkt, eine Stunde auf die Erlernung der Regeln, welche ihnen der Meister über Composition gab und auf die Ausübung derselben auf dem Papier, eine andere auf die Literatur und die übrige Zeit des Tages auf das Clavierspielen, auf die Verfertigung eines Psalms, einer Motette, oder irgend einer anderen Arbeit, die dem Genie des Schülers gemäß war. Dieß waren die gewöhnlichen Uebungen an den Tagen, wo es den Schülern nicht gestattet war, die Schule zu verlassen. Wenn sie hingegen Erlaubniß hatten auszugehen, gingen sie oft vor die Porta angelica, unweit des Berges Marius, um gegen das Echo zu singen und an den Antworten ihre eigenen Fehler kennen zu lernen. Zur anderen Zeit wurden sie entweder in den Kirchen zu Rom zum Singen bei öffentlichen Aufführungen gebraucht, oder sie gingen wenigstens dahin, um die vielen Meister zu hören, welche unter der päpstlichen Regierung (1624—1644) blüheten und dann zu Hause nach diesen Mustern zu arbeiten."

Wenn auch nur die Hälfte der hier geschilderten Mühe und Sorgfalt auf die Ausbildung des Gesanges verwendet wurde, so kann es nicht Wunder nehmen, daß, nachdem die Composition sich vielfach in contrapunktische Klopffechtereien verlaufen hatte, in Geschmacklosigkeiten, welche so weit gingen, daß man unter Anderm den Stammbaum Christi aus dem ersten Kapitel Matthäi für mehre Stimmen setzte, die Sänger endlich zur Herrschaft über die Componisten sich erhoben. Freilich konnte dieß erst eintreten, nachdem mit der Oper der Sologesang sich entwickelt hatte; aber sicher ist, daß der großartige Fortschritt, welchen die Kunst in jener Zeit machte, das Erblühen des wahrhaft melodiösen Gesanges, gegenüber der verschnörkelten contrapunktischen Schulweisheit, den italienischen Sängern großentheils zu danken ist. Die italienischen Singschulen eroberten damals in raschem Siegeslaufe die ganze civilisirte Welt; Rom, Venedig, Neapel und Bologna versahen ganz Europa mit Sängern, welche mit Ehren und Reichthümern überschüttet wurden, aus deren Reihen mächtige Minister, Herzöge, Bischöfe und Päpste hervorgingen.

Allein gerade die unbedingte Herrschaft, welche der italienische Kunstgeschmack auch über Frankreich, Deutschland und England übte, führte andererseits ins Extrem, indem die Componisten aus höfischer Unterwürfigkeit unter die Ansprüche der Gesangesvirtuosen das Melodiöse zu schwindelnder Künstelei in Trillern und Coloraturen sich entwickeln und allein dem sinnlichen Ohrenkitzel dienen ließen, während nicht nur die Kunst des harmonischen Satzes gering geschätzt oder unbeachtet zur Seite liegen blieb, sondern auch das dramatische Element der Oper unter der Ueberwucherung des Arienstyls erdrückt wurde. Es ist bekannt, wie es Lully und namentlich Gluck, dem zweiten in der Reihe der vier großen Tondichter, welche Oesterreich im Laufe des 18. Jahrhunderts aufzuweisen hat, gelang, das natürliche Gleichgewicht wieder herzustellen. Die Arie ward vereinfacht, das Musikalische überall auf ein edles Ebenmaß zurückgeführt, ohne es aber, wie ein neuerer Reformator der Oper wollte, dem dramatisch-poetischen Elemente ganz unterzuordnen. Die Grundsätze Gluck's, wie er sie in dem Dedicationsschreiben zur Alceste entwickelte, scheinen uns, gegenüber zu weit gehenden reformatorischen Bestrebungen, einen hohen Werth für alle Zeiten zu haben*).

Der Leser wird sich erinnern, daß das Bereich des griechischen Tonsystems sich auf den Umfang der Männerstimme beschränkte; doch waren die höheren Stimmlagen der Knaben und Frauen sicher nicht von der Betheiligung am Gesange ausgeschlossen, sie begleiteten den vorgezeichneten Stimmgang in der höheren Octave. Bei den Römern finden wir nicht nur Frauen mitwirken bei der niederen Klasse von Musikern, welche zur Erheiterung bei Gastmahlen und anderen Festlichkeiten zugezogen wurden, sondern es treten auch Sängerinnen öffentlich im Theater auf, was die Sitte in der Blüthezeit griechischer Kunst streng verbot. Auch aus den Chören der christlichen Kirche war die Betheiligung der Frauen gänzlich verbannt, die höheren Stimmen wurden von Knaben gesungen und als bei weiterer Ausbildung der Kunst die Uebung so junger Sänger nicht mehr genügen mochte, war die Sitte so mächtig, daß man

*) Vergl. hierüber: Mannstein, Geschichte und Geist des Gesanges, S. 130 bis 132.

zuerst sich mit männlichen Stimmen im Fistel- oder Falsettregister behalf, in deren Behandlung sich namentlich die spanischen Sänger Ruf erwarben und dann gar, vom Beginn des 16. Jahrhunderts an, durch eine schmähliche Verstümmelung den Wechsel der Knaben- in die Männerstimme zu verhindern bedacht war. Selbst die Frauenrollen in den Opern sind in Rom bis auf die neuere Zeit von Kastraten gesungen worden. Freilich ist es nicht wohl auf anderm Wege möglich, mit hoher Stimmlage ein solches Uebermaß physischer Mittel, Kraft, Biegsamkeit, Metall, Fülle der Stimme und Länge des Athems, welches Alles durch ein im Verhältniß zur Stimmritze colossalen Körper bedingt ist, zu vereinigen. Es ist bekannt, welche glänzenden Erfolge manche dieser Verstümmelten im Laufe des 17. und 18. Jahrhunderts an den großen Bühnen Europa's errangen und welche Fülle äußerer Glücksgüter und hoher Ehrenstellen in Staat und Kirche ihnen zuströmte; aber wie viel Hunderte Minderbegabte mögen einen schlechten Lohn für das Opfer geerntet haben, welches sie entweder freiwillig brachten oder von ihren Eltern zu bringen gezwungen wurden.

Wie verbreitet der Männergesang in hoher Stimmlage schon 1619 auch in Deutschland war, geht daraus hervor, daß Prätorius davon, wie von einer ganz bekannten Sache spricht: „Bei den meisten Eunuchis ist dieß zu observiren, daß sie theils mit heller und gantzer Stimme so stark als sonsten zween und drey Knaben singen und intoniren; deren dann itziger Zeit etliche sehr überaus vortreffliche Männer in Kayserlicher und andrer Catholischen Chur- und Fürstlichen Capellen vorhanden seyndt.“

Bald nach Entstehung der Oper traten übrigens aller Orten Frauen in derselben auf und die protestantischen Länder blieben daher frei von jenem schändlichen Mißbrauche. In unserem Jahrhundert hat gerade der Frauengesang Triumphe gefeiert, welche an alle die oft belächelten Sagen der Inder, Chinesen und Griechen über die wunderbaren Wirkungen ihrer Musik erinnern. „Vor Allem“, erzählt ein Biograph der Catalani, „war diese Künstlerin mächtig durch den großartigen Vortrag von Volksliedern; sie wurde zu London zu der bewegten Zeit der Napoleonischen Kriege eine förmliche politische Macht. Wenn sie „„God save the King““ oder

„„Rule Britannia““ sang, wurde die Gewalt ihrer Stimme, welche mächtig, wie mit Adlerschwingen, selbst über den begeisterten Chor einer englischen Volksmasse emporschwebte, trefflich durch ihre edle Gestalt unterstützt. Denn gleich einer Königin, einer Juno, stand sie majestätisch aufgerichtet vor den staunenden Hörern da, und wenn sie bei den Worten „„Send him victorious, happy and glorious““ beide Hände erhob und zu dem Herrscher empordeutete, dann brach der Beifallsturm so gewaltig aus, daß das Haus erbebte und die Herzen von einem patriotischen Hochgefühl entzündet wurden, welches sich kühn über jeden Unfall des Augenblicks erhob.“

Die gepriesenen Wirkungen des Gesanges entstammen einem unscheinbaren Organe. Bewundernswerth ist die weise Oeconomie der Natur, welche aus wenigen Knorpeln, zwei kleinen Streifchen elastischer Haut und einigen dichtverschlungenen Muskeln ein musikalisches Instrument formte, welches, wenn nicht an Tonumfang und Tonstärke, doch an ergreifender Lieblichkeit des Klanges, alle, selbst die complicirtesten Erfindungen menschlichen Scharfsinns weit übertrifft.

Bekanntlich ist die Luftröhre, durch welche der Athem seinen Weg aus der Mundhöhle in das Lungengewebe und aus diesem zurück findet, aus knorplichen Ringen gebildet, welche durch häutige Theile unter einander verbunden sind. Der oberste dieser Ringe, der vorzugsweise sogenannte Ringknorpel, bildet das Fundament des Kehlkopfes; er ist nicht wie ein einfacher Fingerreif, sondern ähnlich einem Siegelring gebildet und zwar wird er auf der hinteren, der Speiseröhre zugekehrten Seite, namentlich durch Ausdehnung nach Oben, breiter. Ueber der schmaleren vorderen Hälfte erhebt sich der größte Bestandtheil des Kehlkopfes, der Schildknorpel, aus zwei Flügelstücken bestehend, welche sich Vorn in einer vorspringenden Kante vereinigen. An dem Kehlkopf des Mannes ist dieser Vorsprung stärker entwickelt und darum Außen am Halse sichtbar, der bekannte Adamsapfel. Da, wo der breitere Theil des Ringknorpels nach beiden Seiten in den schmaleren sich absenkt, sind auf seiner oberen Kante zwei kleine Knorpelstückchen, die sogenannten Gießkannenknorpel gelenkartig aufgesetzt, so daß sie sich sowohl seitlich gegeneinander, als auch nach Vorn gegen den Schildknorpel neigen

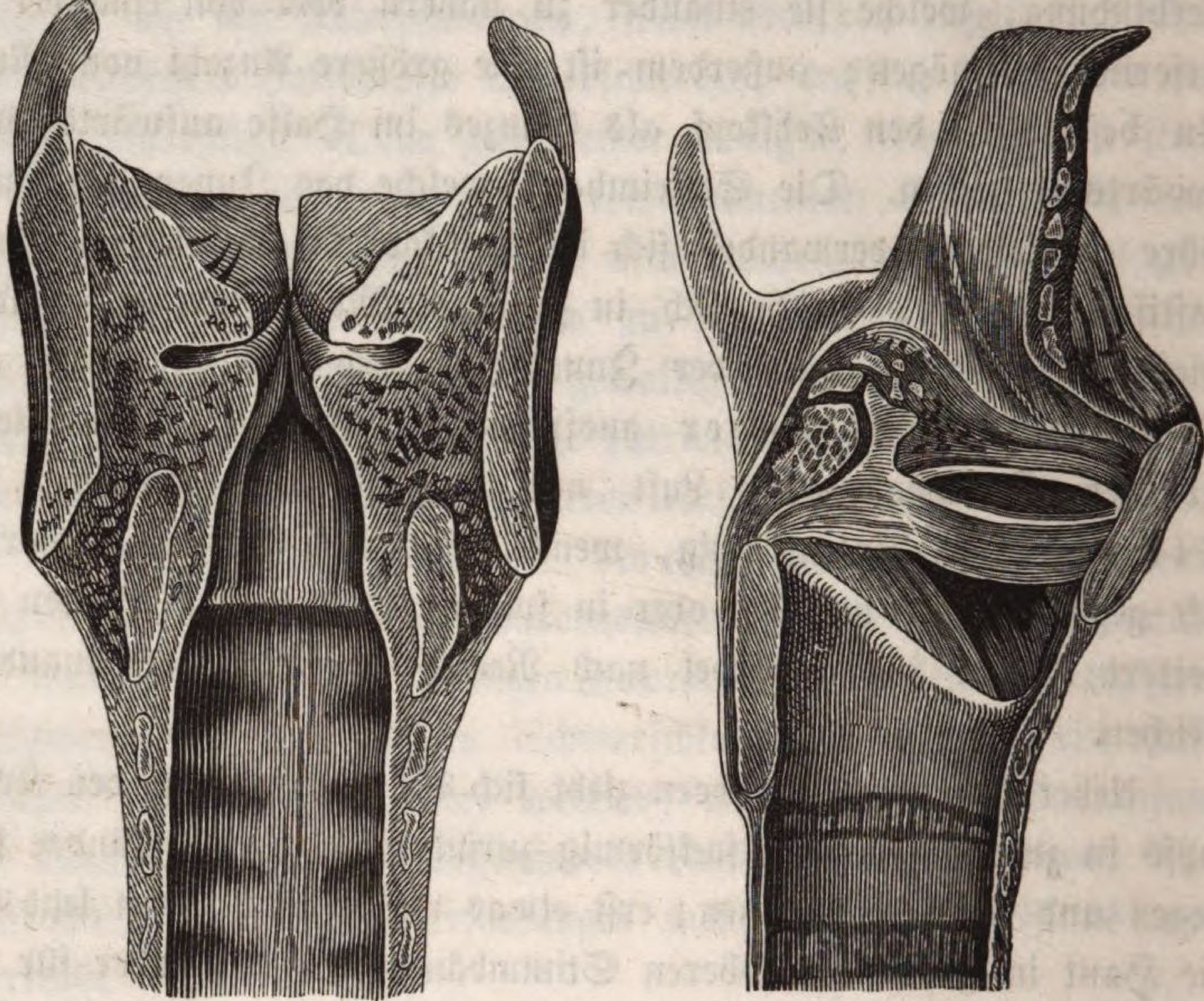
können. Alle diese Knorpel sind durch Muskeln mit einander in Verbindung, welche sie einander zu nähern oder von einander zu entfernen vermögen; außerdem ist eine größere Anzahl von Muskeln bestimmt, den Kehlkopf als Ganzes im Halse aufwärts oder abwärts zu ziehen. Die Schleimhaut, welche das Innere der Luftröhre auskleidet, verwandelt sich im Kehlkopf in ein Gewebe höchst elastischer Fasern, welche sich in größerer Menge von den beiden Gießkannenknorpeln nach der Innenfläche des Schildknorpels als die beiden Stimmbänder ausspannen. Zwischen ihnen bleibt für den Durchgang der Luft nur eine schmale Spalte, die Stimmritze, linienförmig, wenn die beiden Gießkannenknorpel sich gegeneinander neigen, oder in spitzem Dreieck nach Hinten erweitert, wenn jene Knorpel nach Rechts und Links auseinanderweichen.

Ueber den Stimmbändern zieht sich die innere Haut des Kehlkopfs in zwei Höhlungen sackförmig zurück, so daß jene Bänder frei liegen und schwingen können; erst etwas weiter nach Oben legt sich die Haut in Form der oberen Stimmbänder, welche aber für die Stimme keine wesentliche Bedeutung haben, wieder etwas nach Innen vor und es folgt zuletzt noch nach Oben ein knorplicher Lappen, der Kehldeckel, bestimmt, den Kehlkopf für alle Gegenstände, welche aus der Mundhöhle in die Speiseröhre übergehen sollen, unzugänglich zu machen. Der Kehldeckel klappt bei jeder Berührung mit einem solchen Gegenstand sofort zurück und schließt die Luftröhre, so daß die Speisen ꝛc. über ihn hinweggleiten.

Die folgenden Figuren zeigen den Kehlkopf sammt dem Kehldeckel zuerst in verticalem Durchschnitt von Rechts nach Links, sodann in seitlichem, von Hinten nach Vorn gehendem Durchschnitt, wo man, namentlich in der ersteren Figur, der Stimmritze, der Stimmbänder und der darüber befindlichen höhlenförmigen Vertiefungen in der Kehlkopfwand ansichtig wird.

Gewöhnlich sind die Stimmbänder nur wenig gespannt und klaffen ziemlich weit auseinander, die ein- und ausgeathmete Luft streicht dann lautlos an ihnen vorüber. Sobald aber die Absicht rege wird, die Stimme zu gebrauchen, setzt sich der Muskelapparat des Kehlkopfes in Bewegung, um die Stimmritze enger zu ziehen,

Fig. 99.



die Stimmbänder aber je nach der musikalischen Höhe des Tones zu erschlaffen oder stärker anzuspannen. Ein kräftigerer Strom als der des gewöhnlichen Ausathmens, — alle Stimmgebung des Menschen geschieht beim Ausströmen der Luft — muß dann die Stimmbänder in Schwingung versetzen, indem die Luft, ähnlich wie der Violinbogen die Saite, jene Bänder aus ihrer Gleichgewichtslage stößt und ihre elastische Gegenwirkung hervorruft.

Daß die Schwingungsbewegung der Stimmbänder, eingeleitet durch die ausgeathmete Luft, unumgängliche Bedingung für die Entstehung eines Tones im menschlichen Stimmorgane ist, dafür hat man die bündigsten Beweise. Wenn bei einem lebenden Individuum die Luftröhre unterhalb des Kehlkopfs angebohrt ist, so daß die Luft, welche schon hier einen Ausweg findet, nur in geringer Menge durch die Stimmritze geht, ist die Stimme lautlos geworden. Man hat an dem lebenden wie an dem todten Körper beobachtet, daß beliebige höher gelegene Theile der Mundhöhle, des Rachens, daß der Kehldeckel, der Kehlkopf bis unmittelbar zu den Stimm-

bändern, zerstört sein oder fehlen können, ohne daß darum die Stimme vernichtet ist. Aber schon eine geringe krankhafte Affection der Stimmbänder, eine unbedeutende Belegung mit Schleim, verändert den Klang der Stimme und drückt ihn bis zum Unhörbaren herab.

Die Erklärungen der eigentlich physikalischen Natur des Stimmorganes, welche in verschiedenen Zeiten auftauchten, geben einen Beitrag zu der Erfahrung, daß der Gedankengang auch hervorragender und vorurtheilsfreier Forscher stets durch die Gegenstände bedingt wird, auf welche ihre geistigen Bestrebungen vorzugsweise gerichtet waren. Die Gesetze der Saitenschwingungen bildeten das einfachste Problem der Akustik, welches vor allen anderen gelöst wurde und im Gefolge dessen entwickelte sich die Ansicht, daß die elastischen Fasern der Stimmbänder als Saiten schwängen und die Wände des Kehlkopfs, der Luftröhre und der Mundhöhle die Resonanz dazu gäben. Als man mit den Gesetzen der Bewegung der Luft in den Flötenpfeifen vertraut geworden war, konnte es nicht ausbleiben, daß man die Luftsäule oberhalb des Kehlkopfs als das eigentlich Tönende ansah und die Bedeutung der Stimmritze nur darin fand, daß durch sie die aus der Luftröhre ausströmende Luft Gelegenheit zu vibrirender Bewegung erhalte. Die elastische Natur der Stimmbänder verlor dabei freilich ihre Bedeutung. Dagegen schien die Wahrnehmung, welche man leicht beim Singen machen kann, daß bei höheren Tönen der ganze Kehlkopf gehoben wird, jene Ansicht zu unterstützen und es sind spätere Forscher, welche sich mit der Untersuchung der Töne ausströmender Luft beschäftigten, selbst dann noch auf dieselbe zurückgekommen, nachdem durch einen großen Physiologen die richtige Deutung des Stimmorgans bereits gegeben worden war. Johannes Müller ging von der sehr einleuchtenden Ansicht aus, es sei zweckmäßig, die physikalischen Gesetze der menschlichen Stimme an dem natürlichen Kehlkopf selbst aufzusuchen, da kein anderer Apparat den wahren Sachverhalt mit gleicher Treue wiedergeben könne. Für einen Anatomen war es nicht allzuschwierig, nach gehöriger Befestigung der Grundlage des Kehlkopfes, durch gespannte Schnüre und Gewichte oder durch federnde Klemmen, die Wirkung der Muskeln nachzu-

ahmen. Durch ein Rohr, welches an ein stehengebliebenes Stück der Luftröhre befestigt war, wurde der Kehlkopf angeblasen, entweder noch mit der ganzen Mund- und Nasenhöhle in Verbindung, oder isolirt bis unmittelbar an die Stimmbänder. Waren die Gießkannenknorpel fixirt, so gelang es durch Herabziehen des Schildknorpels nach Vorn mit spannenden Gewichten von 0,45 Loth bis zu 1 Pfund 2,56 Loth alle Töne von dis bis dis_3 zu erhalten, während bei einer Abspannung der Stimmbänder durch Rückwärtsziehen des Schildknorpels mit Gewichten von ¼ bis beinahe 4 Loth die Töne von dis_1 bis H zum Vorschein kamen. In diese Grenzen aber fällt fast das ganze Bereich der menschlichen Stimme. An einem seitlich angebrachten Druckmesser, ähnlich der Windwage der Orgel, konnte man beobachten, daß die tieferen Töne leise schon bei einem Wasserdruck von ½ bis 1⅓ Zoll, im Fortissimo bei 3 bis 5 Zoll ansprachen, während das leiseste Ansprechen der höheren zwischen f und a_1 einen Druck von 1½ bis 6 Zoll erforderte. Selbst einem Lebenden, welcher an einer Luftröhrenfistel litt, hat man einen Druckmesser ansetzen können und es ergab sich, daß die Spannung der Luft, während er einen Ton in mittlerer Stimmlage sang, 6 Zoll Wasserdruck das Gleichgewicht hielt. Diese Spannungen scheinen im Mittel nicht viel von denjenigen verschieden zu sein, welche auch das Ansprechen der Orgelpfeifen erfordert.

Die angeführten Versuche beweisen unwiderleglich, daß die Stimmbänder nicht wie Saiten schwingen. Denn die oben angegebene Vermehrung der Spannung auf das 77fache hätte, wenn man die gleichzeitig eintretende Verlängerung der Stimmbänder um 30 Procent mit in Betracht zieht, die Tonhöhe nicht um zwei Octaven und eine Quarte, sondern um zwei Octaven und eine große Sexte steigern müssen. Ohnehin ist weder von den kleinen Stimmbändern, noch von den mit weichen Häuten ausgekleideten Wänden der Kopfhöhlungen eine solche Klangfülle zu erwarten, wie sie die menschliche Stimme darbietet. Daß die in den diesen Höhlungen über der Stimmritze überstehende Luft aber nicht wie in Orgelpfeifen schwingt und auf diese Weise den Ton erzeugt, ergiebt sich auf das Einfachste daraus, daß man an dem todten Kehlkopf jene Höhlungen, also den ganzen Kopf wegschneiden kann, ohne an dem

Umfang der menschlichen Stimme zu verlieren und daß die Weite der Stimmritze unter sonst gleichen Umständen auf die Tonhöhe von keinem Einfluß ist. Auch eines Anblaserohrs von der Länge der Luftröhre bedarf es nicht. Wohl aber wirken die genannten Räume einestheils als Resonanzmittel zur Verstärkung der Stimme und tragen anderntheils wesentlich bei, derselben ihre eigenthümliche Klangfarbe zu ertheilen. Es ist bekannt, daß ein geräumiger Brustkasten und eine verhältnißmäßig große Mundhöhle mit starker Stimme verbunden auftreten. Manche Säugethiere, deren Stimmorgan übrigens ganz ähnlich dem menschlichen gebildet ist, sind bezüglich der Verstärkung des Tones durch besondere Resonanzräume bevorzugt. Die Heulaffen besitzen über dem Kehlkopf ziemlich große sackförmige Höhlungen und auch eines unserer Hausthiere, der Esel, ist mit einem, wenn auch weniger umfangreichen Verstärkungsraum versehen. Indessen sind die Stimmen dieser Thiere nicht geeignet, unsern Neid zu erregen. Die Mannichfaltigkeit des Klanges der menschlichen Stimme ist unbegrenzt, ja man könnte behaupten, jedes Individuum habe seine eigenthümliche Klangfarbe. Die auffallenden Veränderungen, welche mit derselben vorgehen, wenn die Stimmbänder, oder die Schleimhäute der Rachenhöhle auch nur im Geringsten katarrhalisch afficirt sind, beweisen, wie sehr alle diese Theile von Einfluß sind. Was man bei der menschlichen Stimme verkehrter Weise den Nasenton nennt, entsteht gerade durch Verengung oder Verstopfung des Nasenkanals. Wenn man sich während des Sprechens die Nase zuhält, gewinnt die Stimme eben den Klang, wie bei Personen, von welchen man im gewöhnlichen Leben sagt, sie sprechen durch die Nase.

Im höheren Alter nimmt die Elasticität der Stimmbänder ab, die knorplichen und weicheren Theile des Kehlkopfs und des Schlundes werden knöchern und hart und nicht selten gesellt sich noch krankhafte Absonderung der Schleimhäute dazu; in Folge aller dieser Umstände vermindert sich der sonore Klang der Stimme, sie wird schwach und heiser.

Es kann nach den angeführten Versuchen dem Leser kein Zweifel darüber geblieben sein, daß das menschliche Stimmorgan, als musikalisches Instrument betrachtet, in die Reihe der Zungenpfeifen

zu setzen ist. Nicht die Schwingungen der Stimmbänder, auch nicht die der überstehenden Luft geben den schönen Ton der menschlichen Stimme, sondern dieser rührt von den Stößen der durch die Luftröhre strömenden auf die oberhalb des Kehlkopfs befindlichen Luft her und die Schwingungen der Stimmbänder haben nur die Bedeutung, daß sie durch abwechselnde Erweiterung und Verengerung der Stimmritze den stetig aus der Lunge sich ergießenden Strom periodisch anschwellen und abnehmen lassen.

Der oben genannte Forscher ist bei dem analytischen Beweis für die Natur des Stimmorgans nicht stehen geblieben. Er hat die Synthese zugefügt, indem er durch nebeneinandergespannte Kautschoukplatten die Stimmbänder und die Stimmritze nachbildete und auf diese Weise Klang und Umfang der menschlichen Stimme nachahmte. Es konnte nicht fehlen, daß die eigenthümlichen Elasticitätsgesetze gespannter Häute Abweichungen von den Gesetzen zur Folge hatten, welche Weber's Forschungen an den aus Metallzungen gebildeten Instrumenten nachgewiesen hatten.

Bei stärkerem Blasen biegen sich die elastischen Häute oder auch die Stimmbänder am Kehlkopf selbst auswärts und indem sie eine erhöhte Spannung annehmen, geht der Ton merklich in die Höhe. Es steht damit in innigem Zusammenhang, daß die tiefsten Töne der menschlichen Stimme nur verhältnißmäßig leise, die höchsten nur laut angegeben werden können; ferner, daß es für einen Sänger besonderer Uebung bedarf, einen Ton anschwellen zu lassen, ohne daß er in seiner Höhe schwanke. Es müssen die Muskeln des Kehlkopfs in größter Stetigkeit genau so viel an der Spannung nachlassen, als dieser durch den immer stärker wirkenden Luftstrom zugesetzt wird. Aber gerade dadurch, daß diese Umstände dem Willen unterworfen sind, welcher in den Muskeln stets gehorsame und pünktliche Diener findet, nimmt das Stimmorgan eine so hohe Stellung den musikalischen Instrumenten gegenüber ein. Die Compensation ist zwar Weber auch an Zungenpfeifen mit starren Zungen gelungen, aber immer nur für einen einzigen Ton. Der Kehlkopf enthält dagegen die Mittel der Ausgleichung zwischen Tonstärke und Tonhöhe für den ganzen musikalischen Umfang der menschlichen Stimme.

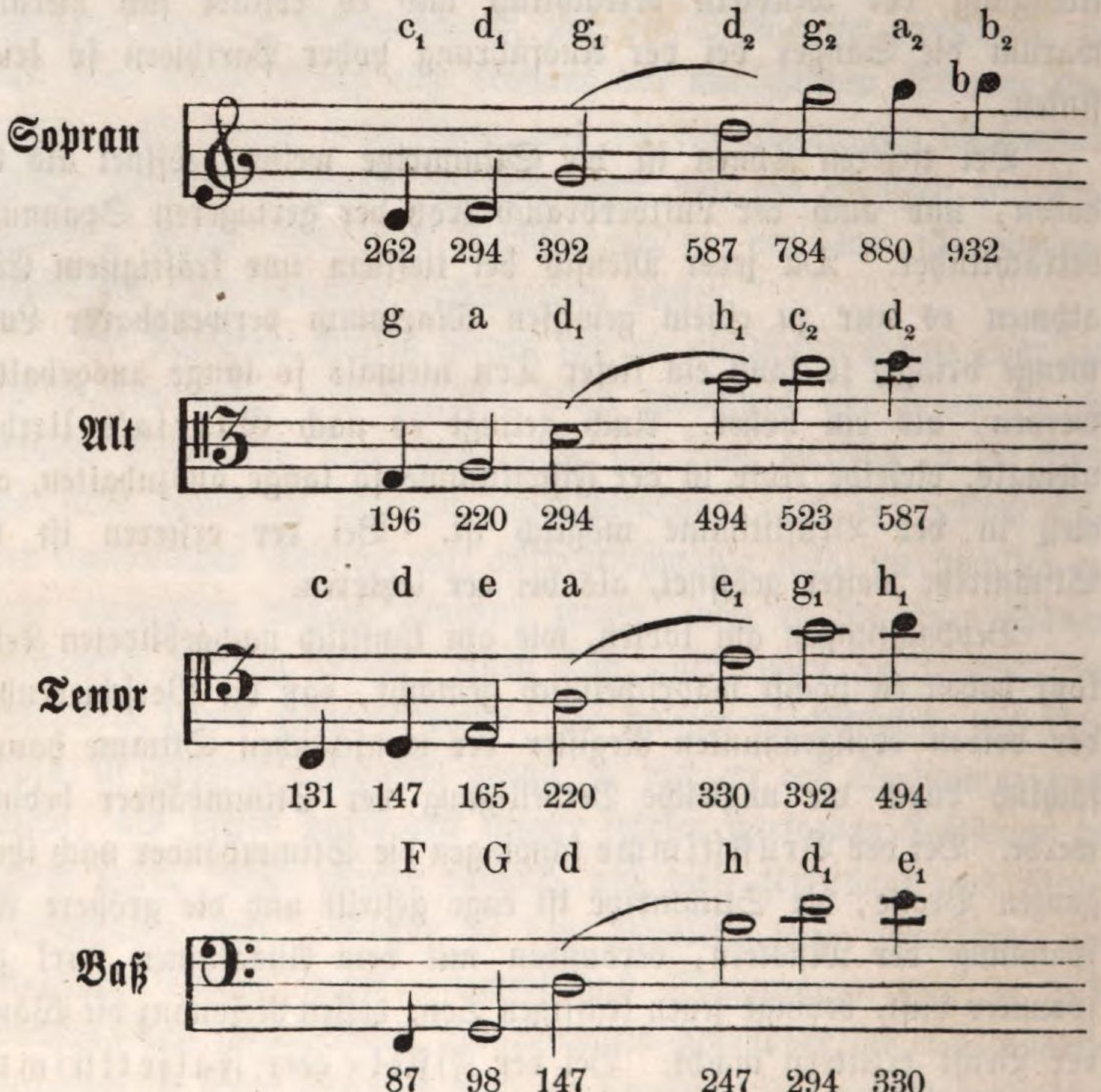
Alle Substanzen, deren Elasticität sie zur Erzeugung von Tonschwingungen in den musikalischen Instrumenten geeignet macht, stehen innerhalb ziemlich weiter Grenzen unter einem einfachen Gesetz, wonach ihre elastische Rückwirkung in gleichem Verhältniß mit der Verschiebung aus ihrer Ruhelage wächst. Man hat auch die Stimmbänder dieser Probe unterworfen und gefunden, daß sie, ähnlich den Muskeln, wesentlich von jenem Elasticitätsgesetze abweichen; sie leisten im Beginn der Dehnung nur einen geringen Widerstand, allein diese Nachgiebigkeit nimmt bald ab und macht einer großen Zähigkeit Platz. In den höheren Stimmlagen ist daher die Anstrengung der Muskeln beträchtlich und es erklärt sich hieraus, warum die Sänger bei der Ausführung hoher Parthieen so leicht sinken.

Bei tieferen Tönen ist die Stimmritze weiter geöffnet als bei hohen, und auch der Luftverbrauch trotz der geringeren Spannung beträchtlicher. Da jeder Mensch bei tiefstem und kräftigstem Einathmen es nur zu einem gewissen Maximum verwendbarer Luftmenge bringt, so kann ein tiefer Ton niemals so lange ausgehalten werden, als ein hoher. Auch gelingt es nach Garcia's Urtheil niemals, dieselbe Note in der Fistelstimme so lange auszuhalten, als dieß in der Bruststimme möglich ist. Bei der ersteren ist die Stimmritze weiter geöffnet, als bei der letzteren.

Beobachtungen am todten, wie am künstlich nachgebildeten Kehlkopf haben es höchst wahrscheinlich gemacht, daß die Verschiedenheit der beiden ebengenannten Register der menschlichen Stimme hauptsächlich durch die ungleiche Betheiligung der Stimmbänder bedingt werde. Bei der Bruststimme schwingen die Stimmbänder nach ihrer ganzen Breite, die Stimmritze ist enge gestellt und die größere Anspannung der Muskeln, verbunden mit dem Ausathmen stark gespannter Luft, bedingt jenen kräftigen Ton, dessen Resonanz die Wände der Brust erzittern macht. Bei der Fistel- oder Falsettstimme dagegen legen sich Muskeln der Art auf die Stimmbänder, daß nur die der Stimmritze zunächst liegenden zarten Ränder zu schwingen vermögen und die Luft streicht in sanfterem Strom durch die weiter geöffnete Stimmritze.

Ein französischer Physiologe führt zur Unterstützung seiner Ansicht, wonach die Fistelstimme durch die Schwingungen der oberen Stimmbänder hervorgebracht würde, die Beobachtung Garcia's an, welcher Baschkiren und russische Bauern gehört haben will, die über einem mit der Bruststimme ausgeführten Cantus firmus gleichzeitig noch eine Melodie im Falsett sangen!

Marx giebt in seiner Compositionslehre den Umfang der verschiedenen menschlichen Stimmlagen in folgender Weise in Noten an, wozu wir noch die Namen und Schwingungszahlen der Töne fügen:



Die durch einen Bogenstrich verbundenen Töne begrenzen die Mitte jeder Stimmlage, in welcher sich dieselbe am Kräftigsten entfaltet. Doch sind es nur die in Viertelnoten angegebenen Töne, bei welchen die Stimme einen weniger guten Klang anzunehmen

beginnt und welche manchen individuellen Stimmen sich ganz entziehen. Der Sopran liegt etwa eine Octave höher als der Tenor, der Alt um eine Octave höher als der Baß; jede dieser Stimmen erstreckt sich über nahe zwei Octaven. Es wäre indessen unrichtig, anzunehmen, daß jede Sopran-, Alt-, Tenor- oder Baßstimme auf den angegebenen Umfang beschränkt sei. Es hat Bassisten gegeben, welche noch das Contra-F mit 43,6 Schwingungen*) erreichten; Knaben- und Kastratenstimmen sollen eine Höhe bis f_3 mit 1397 Schwingungen besessen haben. Der ganze Stimmumfang eines Sängers kann durch Naturanlage und Uebung sich weit über zwei Octaven erstrecken. Der berühmte Farinelli hatte einen Umfang von a bis d_3, der dänische Capellmeister Caspar Forster von A bis a_1, also von drei vollen Octaven. Die Catalani soll sogar drei und eine halbe Octave beherrscht haben. Ein größerer Stimmumfang ist aber sicherlich niemals beobachtet worden.

Die Höhe der Stimme steht in inniger Beziehung zur Geräumigkeit und Stärke, mit welcher der Kehlkopf gebaut ist. In der Jugend, wo alle Theile des Kehlkopfs noch weniger stark entwickelt sind, besitzen beide Geschlechter Alt- oder Sopranstimmen. Bei dem Knaben aber erfolgt zur Zeit seiner Entwicklung zur Mannbarkeit, wofern diese nicht auf eine verabscheuungswürdige Weise künstlich zernichtet wird, eine auffallende Veränderung in dem Zustand des Kehlkopfs, er wird in kurzer Zeit bedeutend geräumiger, die Wände werden fester, der Adamsapfel tritt sichtbarer am Halse hervor; zu dieser Zeit bricht sich die Stimme, d. h. sie geht nach kurzer Zeit des Schwankens, welches ihr oft einen eigenthümlich krähenden Ausdruck verleiht, eine ganze Octave herab, sie wird vom Sopran zum Tenor oder vom Alt zum Baß. Bei dem Weibe da-

---

*) „Doch sollen vor der Zeit zu München am Fürstlichen Durchlauchtigkeit zu Bayern Hof zu des fürtrefflichen weit berühmten Musici Orlando de Lasso zeiten (1569) (do die Musik daselbst von 12 Bassisten, 15 Tenoristen, 13 Altisten, 16 Capellknaben, 5 oder 6 Capunern oder Eunuchis, 30 Instrumentisten bestelt gewesen seyn soll) unter andren drey Bassisten zwene Brüder Fischer und eines Bawren Sohn, Grasser genannt, gewesen seyn, welche das F_{-1} von 13 Fuß nachm Chorthon zu rechnen, gar stark und mit völliger Stimme erreichten.“ Prätorius, Syntagma musicum.

gegen bleiben die Kehlkopftheile auch nach den Kinderjahren feiner und zärter gebaut. Die Länge der Stimmritze z. B. beträgt im Zustande der Ruhe beim Manne 7 bis 9 Pariser Linien, bei dem erwachsenen Weibe nur 5 bis 6 Linien und in ähnlichem Verhältnisse sind bei Letzterem auch die übrigen Dimensionen des Kehlkopfs kleiner.

Meist kann man den Bassisten vom Tenoristen schon dem äußeren Ansehen nach unterscheiden, da den ersteren der sichtbarer am Halse hervortretende Kehlkopf, der größere Mund und die stärker oder doch weiter gebaute Nase verräth. Das Klima und die Nationalität können, wie auf die physische Entwicklung überhaupt, so auch auf die der Stimme nicht ohne Einfluß sein. Die südlicheren Länder Europa's sind reicher an hohen Stimmlagen, der Norden an Bassisten. Mattheson meint: „Was den Tenor und Baß anlanget, davon hat Teutschland den besten Vorrath, theils wegen des Climatis, welches die organa vocis mehr dilatiret, als die Hitze in den Abendländern, theils wegen des Biers und der Alimenten Unterschied, theils auch, weil unsre Religion die in Italien gewöhnliche Castrirung nicht permittiret."

Die Gabe des vollendeten Kunstgesanges ist eine so herrliche, daß es sich der Mühe verlohnte, zu erforschen, in wie weit dieselbe durch Uebung erworben, oder durch den eigenthümlichen Bau des Kehlkopfs bedingt sein möge. Allein die Wissenschaft wird als Antwort nicht leicht etwas anders, als Vermuthungen ziemlich allgemeiner Art geben können. Erhöhte Elasticität der Stimmbänder und Schnellkraft aller Muskeln, welche zur Stimmbildung mitwirken, sehr ebenmäßige elastische Beschaffenheit der Wände aller resonanzgebenden Räume, die ungestörte Gesundheit der sie bekleidenden Schleimhäute mögen von günstigem Einflusse sein. Unendlich viel kann auch durch eine fleißige Gymnastik jener Muskeln geschehen, wenn es dem Stimmorgane an einem mächtigen Alliirten nicht fehlt, ohne welchen es niemals das angestrebte Ziel der Virtuosität erreichen wird, an einem feinen musikalischen Gehör.

Alle Musik tritt erst im Ohre des Hörers ins Leben; außer ihm giebt es wohl schwingende Saiten oder bewegte Luft, aber diese Bewegungen sind bedeutungslos für den Tauben; die Töne

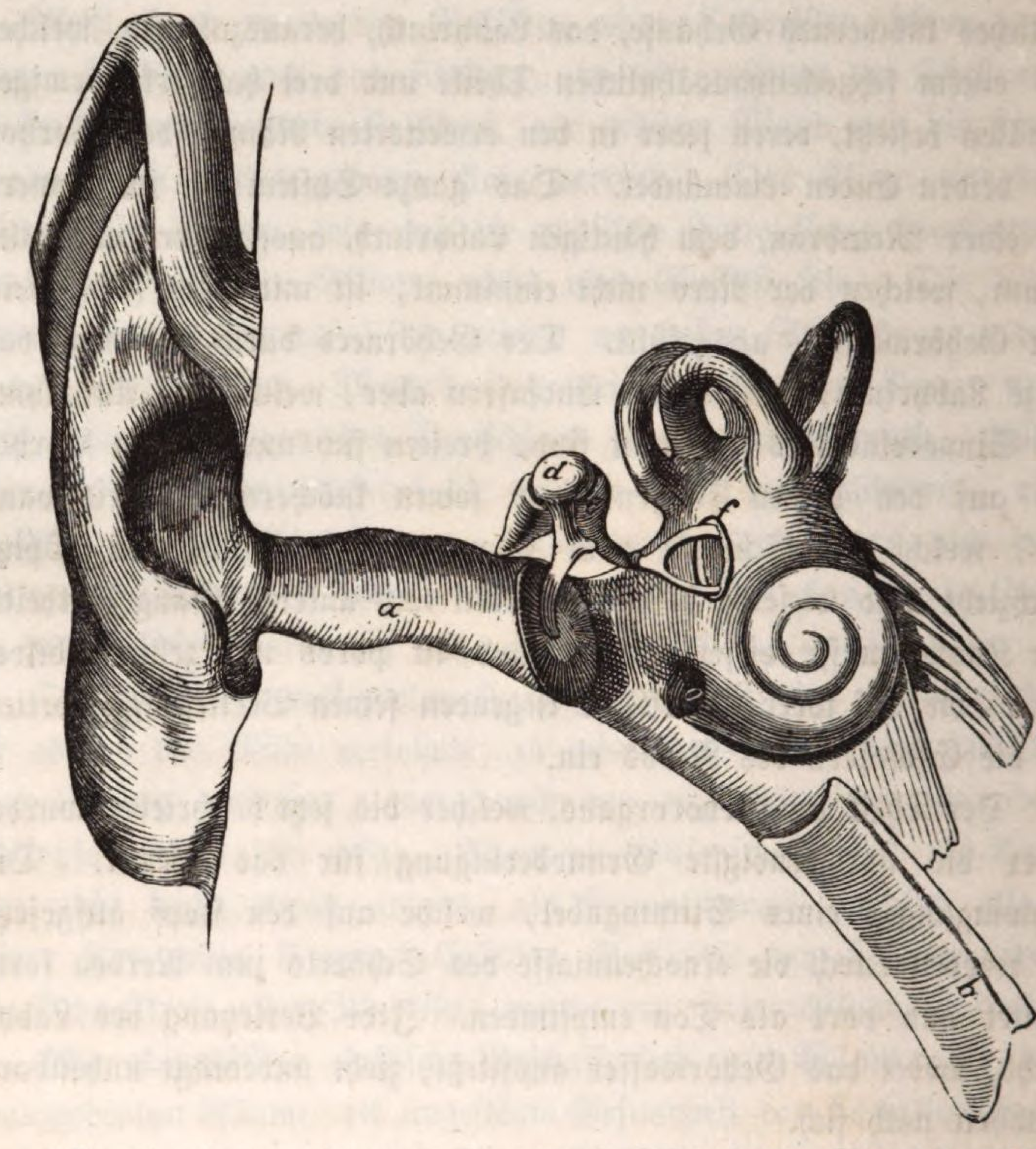
entstehen erst dort, wo die Wellenschläge der bewegten Massen von den feinen Enden eines lebendigen Nervs aufgenommen und zum Gehirne, als dem Sitze des Bewußtseins, fortgeleitet werden. Jene feinen Nervenfasern sind bei dem Menschen auf beiden Seiten des Kopfs in die festeste Knochenmasse des Schädels, das Felsenbein, eingebettet. Aus denselben vermag der geübte Anatom ein äußerst zierliches knöchernes Gehäuse, das Labyrinth, herauszuhauen, welches aus einem schneckenhausähnlichen Theile und drei halbzirkelförmigen Kanälen besteht, deren jeder in den erweiterten Raum, den Vorhof, mit beiden Enden einmündet. Das ganze System ist im Innern mit einer Membran, dem häutigen Labyrinth, ausgekleidet und aller Raum, welchen der Nerv nicht einnimmt, ist mit einer Flüssigkeit, dem Gehörwasser, ausgefüllt. Der Gehörnerv durchzieht zwar das ganze Labyrinth, seine feinen Endfasern aber, welche zur Aufnahme des Sinneseindrucks bestimmt sind, breiten sich nur in dem Vorhof und auf den beiden Flächen einer feinen knöchernen Scheidewand aus, welche die Schnecke vom Grund bis zur äußersten Spitze durchzieht und dieselbe in einen oberen und unteren Gang eintheilt. Die Knochenmasse dieser Scheidewand ist porös und zellig gebildet und in die auf ihrer Oberfläche liegenden feinen Vertiefungen betten sich die Endfasern des Nervs ein.

Der Theil des Gehörorgans, welcher bis jetzt beschrieben wurde, bildet die nothwendigste Grundbedingung für das Gehör. Die Schwingungen einer Stimmgabel, welche auf den Kopf aufgesetzt ist, werden durch die Knochenmasse des Schädels zum Nerven fortgeleitet und dort als Ton empfunden. Jede Verletzung des Labyrinths, wobei das Gehörwasser ausfließt, zieht unbedingt unheilbare Taubheit nach sich.

Schallwellen, welche durch die Luft fortgetragen werden, könnten durch die feste Masse des Kopfs nur in sehr geringer Stärke zum Gehörnerv geleitet werden, da bei Weitem der größte Theil ihrer lebendigen Kraft durch Zurückwerfung verloren geht. Zur Uebertragung der Bewegungen der Luft auf das Gehörwasser, welches die Nervenenden umspült, giebt es kein besseres Mittel, als eine gespannte Haut, gegen welche die Wellenstöße senkrecht anprallen. Die Natur hat in der That dieses Mittel gewählt. Sowohl der

Vorhof, welcher mit dem unteren Schneckengang in Verbindung steht, als der obere Gang der Schnecke hat eine Oeffnung, welche mit einer feinen Haut geschlossen ist. Die erstere Oeffnung, das eiförmige Fenster, ist in der folgenden Figur mit f, die zweite Oeffnung, das runde Fenster, ist mit o bezeichnet.

Fig. 100.



Durch die verborgene Lage des Labyrinths sind die Häute, welche diese Oeffnungen schließen, gegen Verletzung geschützt. Die in der Luft fortgehenden Schallwellen treffen zunächst auf die Mündung des Gehörganges, welcher sich nach Außen in die Ohrmuschel ausbreitet.

Bei furchtsamen Thieren, wie bei der Gazelle, dem Hasen, ferner bei Nachtthieren, welche ihre nahende Beute mit dem Gehör erkennen, findet man die Ohrmuschel besonders stark ausgebildet,

der Hühnerhund, welchen sein scharfer Geruch waffnet, läßt sie herabhängen. Bei dem Pferde und manchen andern Thieren ist die Muschel drehbar, wie es scheint zu dem Zweck, um die Richtung des Schalles erkennen zu lassen. Das Thier ändert die Stellung der Ohrmuschel so lang, bis es den Schall in größter Stärke empfindet. Die Ohrmuschel selbst wird zwar auch durch die Schallwellen erschüttert und die Erschütterung theilt sich durch die Wände des Gehörgangs sowohl der von ihm umschlossenen Luft, als auch der festen Kopfmasse mit, allein es kann doch nur ein verhältnißmäßig geringer Theil der Schallempfindung auf dem angegebenen Wege vermittelt werden, da Fälle genug bekannt sind, daß Menschen die Ohrmuschel abgeschnitten oder abgehauen war, ohne daß das Gehör merklich litt.

Durch die trichterförmige Mündung treten die Schallwellen verdichtet in den äußeren Gehörgang, und treffen nach einem Weg von etwa Einem Zoll auf eine gespannte Haut, das Trommelfell, welches die hintere Mündung des Gehörganges schließt. Es scheint eine Vorkehrung der Natur zur Sicherung des Gehörorgans zu sein, daß die beiden Fenster des Labyrinthes nicht unmittelbar an das innere Ende des Gehörgangs gestellt sind. Dafür erwächst aber die Nothwendigkeit, daß die Schwingungsbewegung, in welche das Trommelfell unter dem Einfluß der herandringenden Schallwellen geräth, durch die hinter dem Trommelfell befindliche Trommelhöhle, in welche auch die beiden Fenster des Labyrinthes sehen, nach diesen hingeleitet werde.

Nach dem runden Fenster des oberen Schneckenganges geschieht dieß durch die in der Trommelhöhle befindliche Luft; allein diese Art der Uebertragung kann nur eine sehr ungünstige und geringe sein, da sie in mehrmaligem Wechsel von Körpern verschiedener Aggregatform erfolgt. Es erstreckt sich aber eine zweite Leitung, nur aus starren Substanzen, vom Trommelfell nach dem eirunden Fenster. Im Gehörorgane der Vögel ist dieß ein einfaches Knochenstäbchen, in dem des Menschen eine Kette in einander gelenkter, höchst zierlicher Knöchelchen, welche der Leser in der obigen Figur, worin die Wände der Trommelhöhle weggeschnitten gedacht sind, erkennen wird. d ist der Hammer, mit seinem Stiel in das Trom-

melfell verwachsen, mit seinem Kopf auf dem Ambos e ruhend, und auf diesen letzteren folgt, nur mit Zwischenlagerung eines ganz feinen Knochenplättchens, der Steigbügel f, dessen Fußtritt sich auf das eirunde Fenster aufsetzt. Er ist mittelst eines häutigen Streifens am ganzen Rand dieser Oeffnung befestigt, so daß er sich schwingend aus- und einwärts bewegen kann.

Die Leichtigkeit, mit welcher das Trommelfell die Schallschwingungen der Luft aufnimmt, hängt wesentlich ab von dem Grade seiner Spannung; eine zu starke Anspannung, durch welche nach den Versuchen Müller's die Empfänglichkeit bedeutend verringert wird, könnte aber leicht entstehen, wenn die Trommelhöhle gegen die äußere Luft völlig abgeschlossen wäre. Gase und Dämpfe, welche sich im Innern der Höhle entwickeln, verbunden mit einer Abnahme des Barometerstandes der äußeren Luft, müßten das Trommelfell nach Außen drücken, die entgegengesetzten Ursachen ihr eine Biegung nach Innen ertheilen. Solchen Uebelständen ist begegnet durch die eustachische Trompete, einen Kanal, welcher die Trommelhöhle mit der Mundhöhle und dadurch mit der äußeren Luft in Verbindung setzt. Wird dieser Kanal durch Krankheit verstopft, so tritt jedesmal kurz darauf Schwerhörigkeit ein. Uebrigens sind das Trommelfell und die Gehörknöchelchen noch mit äußerst feinen Muskeln versehen, welche die Spannung dieser Theile dem Bedürfniß gemäß zu ändern vermögen, was freilich in jedem vorkommenden Fall ohne Zuthun des menschlichen Willens geschieht.

Wenn man sich erinnert, daß auch das Licht, so gut wie der Ton, durch Schwingungsbewegung entsteht und durch Wellenbewegung sich fortpflanzt, so liegt es nahe, die beiden zur Aufnahme dieser Bewegungen bestimmten Sinnesorgane mit einander zu vergleichen. Offenbar nimmt das Gehör einen weit niedrigeren Rang ein. Das menschliche Auge empfängt nicht nur den Eindruck von Helligkeit überhaupt und urtheilt über die Natur der Farbe und den Grad ihrer Reinheit, sondern es vereinigt auch die von einem Punkt ausgegangenen Strahlen wieder zu einem Bilde und entwirft selbst auf seiner inneren Wand Zeichnungen von den Gegenständen, welche das Licht aussenden; so daß durch seine Vermittlung diese Formen zum Bewußtsein gelangen. Das Ohr vermag nichts Aehn-

liches, wir müßten sonst außer dem Eindruck der Stärke, der Höhe und Klangart des Tones auch jedesmal Kunde erhalten von der Beschaffenheit der schwingenden Saite, von der Gestalt der Violine oder der Orgelpfeife, von welchen der Ton ausgeht. Das menschliche Ohr steht auf gleicher Stufe mit dem Sehorgan jener niederen Thierklassen, welche nur Helligkeit im Allgemeinen und höchstens noch Farbenunterschiede zu empfinden vermögen, aber keinen brechenden Apparat zur Formirung von Bildern besitzen.

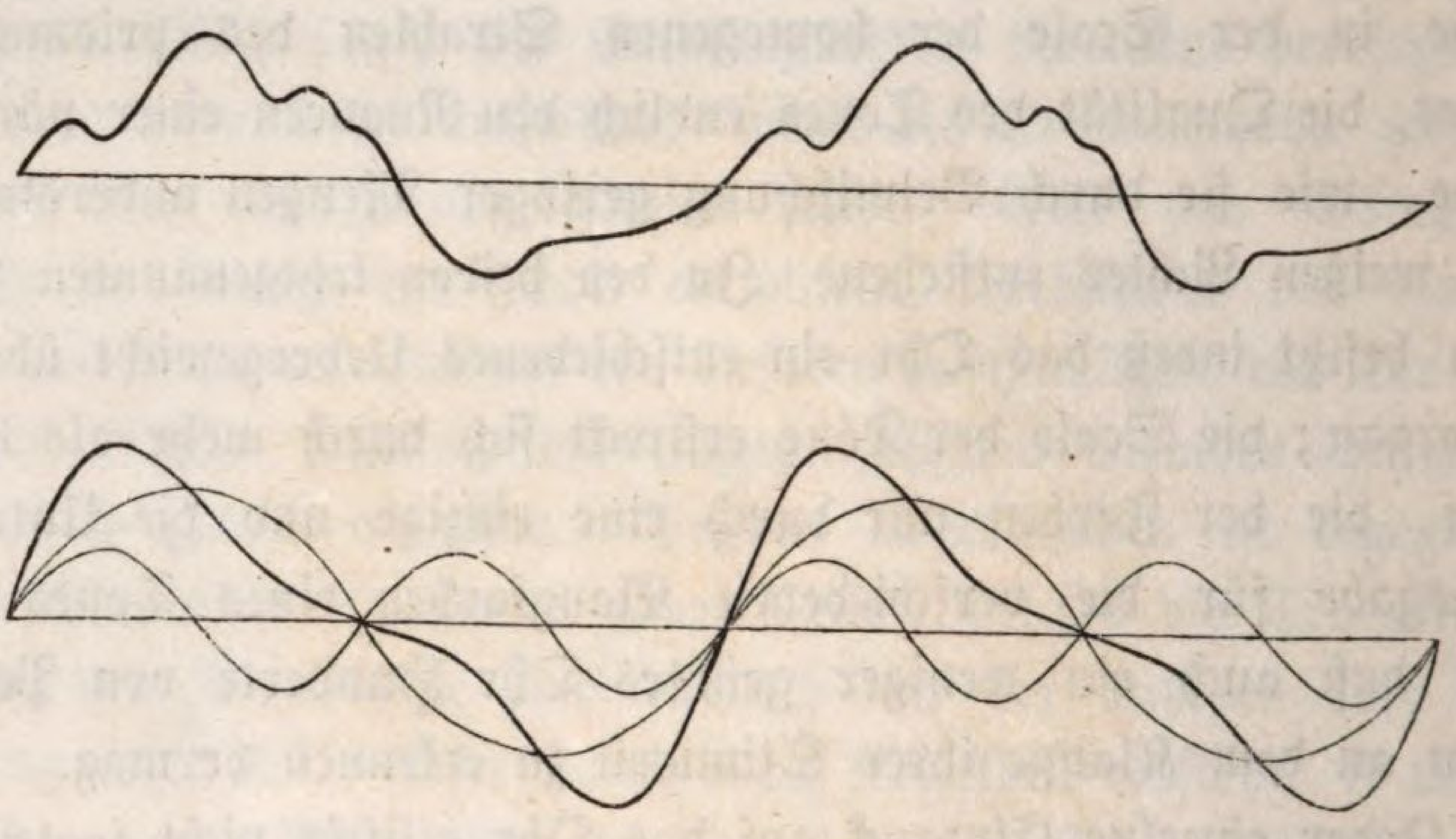
Die Tonstärke entspricht der Lichtintensität, die Tonhöhe der Farbe in der Scale der homogenen Strahlen des prismatischen Bildes, die Qualität des Tones endlich den Nuancen einer nämlichen Farbe, wie sie durch Beimischung geringer Mengen andersfarbigen oder weißen Lichtes entstehen. In den beiden letztgenannten Qualitäten besitzt indeß das Ohr ein entschiedenes Uebergewicht über das Sehorgan; die Scale der Töne erstreckt sich durch mehr als 12 Octaven, die der Farben nur durch eine einzige und die Unterscheidungsgabe für die verschiedenen Klangfarben eines Tones ist so fein, daß auch ein weniger geübtes Ohr Hunderte von Personen allein an dem Klange ihrer Stimmen zu erkennen vermag.

Jeder einzelne Eindruck auf das Ohr erlischt nicht sogleich mit der wirkenden Ursache. Darum können auch, wie die Beobachtungen an der Sirene lehrten, einzelne durch Pausen getrennte Wellenstöße noch einen zusammenhängendeu Ton erzeugen, der aber freilich um so klingender wird, je mehr jene Pausen sich abkürzen. Je tiefer der Ton ist, desto deutlicher treten darum noch die Wirkungen der einzelnen Wellenstöße selbständig hervor und verleihen dem Ton einen rauhen, rasselnden Klang; je häufiger aber in der Zeiteinheit die Wellen werden, um so mehr gehen sie, da sich der Eindruck jeder einzelnen im Ohr verlängert, im allgemeinen Niveau des Wellenzugs unter, bis sie endlich zum Unhörbaren herabsinken und die Empfindung des Tones verschwindet. Doch ist diese Grenze nicht für alle Menschen die nämliche; manche vernehmen z. B. noch den hohen pfeifenden Ton der Fledermaus, welcher jener Grenze nahe liegt, andere haben ihn niemals gehört; noch viel weniger mag die Grenze von 36500 Schwingungen, welche Despretz fand, für alle Thiere Geltung haben, es ist vielmehr wahrscheinlich, daß es im

Thierreich noch Mittel der Verständigung in Stimmregionen giebt, welche dem menschlichen Ohre verschlossen sind.

Damit ein Ton vernommen werde, müssen gleichartige Eindrücke entweder in genau oder doch sehr nahe gleichen Perioden wiederkehren. Alles Beiwerk zu der Hauptwelle, wie es im ersten der folgenden Wellenzüge sich darstellt, trägt, wenn es nur mit der Hauptwelle gleiche Periode hat, allein zur Modification des Klanges und zur Vermehrung der Klangmasse bei.

Fig. 101.



Wenn aber unter den begleitenden Wellen sich solche herausheben lassen, welche in regelmäßiger, von dem Haupttone abweichender Periode wiederkehren, wie z. B. in dem zweiten Wellenzuge obiger Figur sich ein Wellensystem von doppelter Schwingungszahl erkennen läßt, so vernimmt das musikalisch geübte Ohr noch Beitöne neben dem Haupttone. Welches mag die Form der Welle sein, welche einem Concertdirector die Töne der Klangmasse des ganzen Orchesters zuträgt und zu welch' hoher analytischer Fähigkeit muß das Ohr ausgebildet sein, welches die Wellenzüge der einzelnen Instrumente aussondert und ihre Fehler erkennt!

Man kann nicht zweifeln, daß es für die Ausbildung der Stimme zum Gesang keine bessere, ja keine unentbehrlichere Leitung giebt, als ein feines Gehör. Es ist bekannt, daß alle Taubgeborene auch stumm sind und daß, wenn diese Unglücklichen endlich mit unsäglicher Mühe gelehrt wurden, Mund und Kehle zum Sprechen einzurichten, doch nur mißtönende krächzende Laute zum Vorschein

kommen; aber auch Solche, welche das Gehör erst in späteren Jahren verloren, nehmen sehr bald auch an Wohlklang der Stimme ab. Es kann nur in dem feineren Gehör mancher Vögel liegen, daß sie sich zur Nachahmung der menschlichen Sprache bequemen, ihre Stimmorgane sind nur unvollkommen gebildet. Die Affen dagegen, deren Stimmorgan dem menschlichen fast gleich ist, und welche ohnehin einen so starken Nachahmungstrieb besitzen, sind noch niemals zu bewegen gewesen, auch nur ein Wort nachzusprechen.

Bei dem Sänger ist das ausführende mit dem überwachenden und leitenden Organ in Einem größeren Organismus verbunden, alle Winke des Gehörs kommen der Stimme mit Blitzesschnelle zu und werden von ihr ausgeführt. Während bei noch ungeübten Sängern beim Einsetzen der Stimme, namentlich bei weitspurigen und kühn modulirten Melodieen, immer ein Moment des Schwankens bemerkbar ist, scheint der geübte Sänger augenblicklich in größter Reinheit zu intoniren. Die musikalischen Instrumente mit ihren starren Massen sind zwar an Geschmeidigkeit mit dem Stimmorgan nicht zu vergleichen; es ist aber die Aufgabe jedes Virtuosen, mit seinem Instrumente wie zu einem Organismus zu verschmelzen, so daß die Fingerspitzen oder die Lippen fähig werden, den feinsten Bedürfnissen des Ohrs augenblicklich zu genügen.

Anlage 1 (zu Seite 9).

Wenn l die Länge einer Saite in Pariser Fußen bezeichnet, P das spannende Gewicht in Grammen, p das Gewicht der Saite für 1 Par. Fuß Länge, gleichfalls in Grammen ausgedrückt, endlich n die Anzahl ihrer Schwingungen in Einer Secunde, so ist zufolge der von Taylor gefundenen Formel:

$$n^2 = \frac{7{,}529\ P}{l^2 \cdot p}, \text{ also } P = \frac{n^2 \cdot l^2 \cdot p}{7{,}529}$$

so daß hiernach entweder aus der Spannung, der Länge und dem Gewicht der Saite die Schwingungszahl des Tones, oder umgekehrt

aus der Schwingungszahl, der Länge, und dem Gewicht der Saite das spannende Gewicht berechnet werden kann.

Eine Saite von 1 Pariser Fuß Länge wiege 0,3111 Gramme und sei mit einem Gewichte von 8000 Grammen gespannt, so ist

$$n^2 = \frac{7{,}529 \,.\, 8000}{1 \,.\, 0{,}3111} = 193600, \text{ also} : n = 440.$$

Um das Gewicht zu finden, mit welchem die nämliche Saite gespannt werden muß, wenn sie eine Octave tiefer tönen soll, hat man

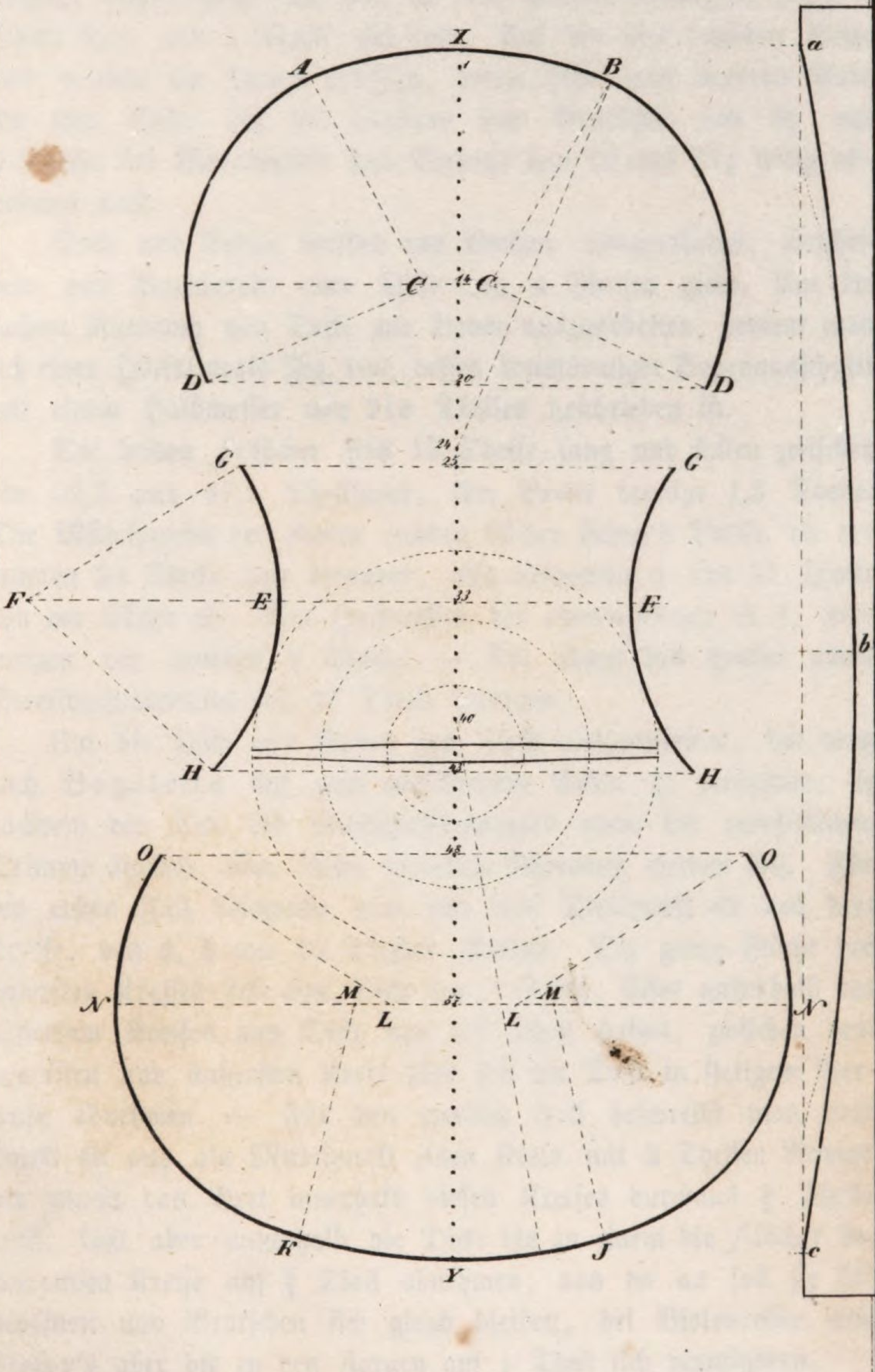
$$P = \frac{220^2 \,.\, 1 \,.\, 0{,}3111}{7{,}529} = 2000 \text{ Gramme.}$$

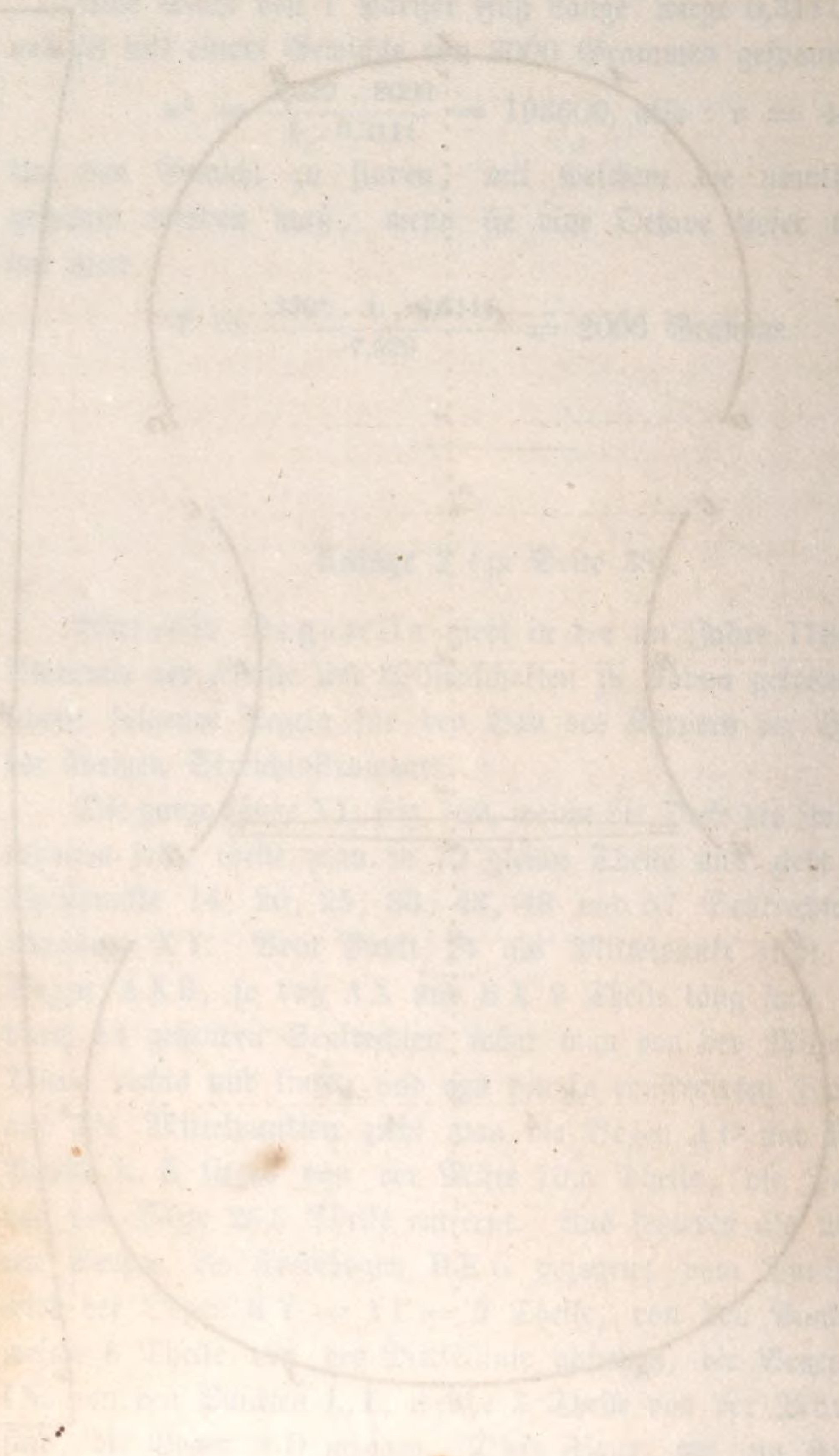
Anlage 2 (zu Seite 38).

Antonio Bagatella giebt in der im Jahre 1782 von der Akademie der Künste und Wissenschaften zu Padua gekrönten Preisschrift folgende Regeln für den Bau des Körpers der Violine und der übrigen Streichinstrumente.

Die ganze Länge XY, Fig. 102, welche die Decke des Instrumentes erhalten soll, theilt man in 72 gleiche Theile und zieht durch die Theilpunkte 14, 20, 25, 33, 43, 48 und 57 Senkrechte auf die Längsaxe XY. Vom Punkt 24 als Mittelpunkt zieht man den Bogen AXB, so daß AX und BX 9 Theile lang sind. Auf der durch 14 gehenden Senkrechten trägt man von der Mitte aus zwei Theile rechts und links, und von den so construirten Punkten C, C aus als Mittelpunkten zieht man die Bogen AD und BD. Die Punkte E, E liegen von der Mitte 10,5 Theile, die Punkte F, F von der Mitte 25,5 Theile entfernt. Aus letzteren als Mittelpunkten werden die Kreisbogen HEG gezogen; vom Punkt 40 aus wird der Bogen KY = YI = 9 Theile, von den Punkten M, M, welche 6 Theile von der Mittellinie abstehen, die Bogen KN und IN, von den Punkten L, L, welche 3 Theile von der Mitte entfernt sind, die Bogen NO gezogen. Diese Figur, auf ein starkes Bret aufgezeichnet, giebt das Modell zum Instrumente ab.

Fig: 102.





Das Klötzchen, welches in dem Kasten der Violine oben am Halse befestigt ist, soll 10 Theile breit und 4 Theile dick, das am unteren Ende, sowie die vier an den Seiten befestigten sollen 8 Theile breit und 4 Theile dick sein. Auf die vier letzteren Klötzchen werden die Zargen befestigt, deren Höhe vom unteren Ende bis zum Halse hin bei Violinen und Bratschen von $6\frac{1}{4}$ auf 6 Theile, bei Violoncelle's und Violons von 12 auf $11\frac{1}{4}$ stetig abnehmen muß.

Decke und Boden werden aus Bretern ausgearbeitet, welchen man von Vornherein eine Dicke von 4 Theilen giebt. Um die äußere Rundung von Decke und Boden auszuarbeiten, bedient man sich eines Hülfslineals Fig. 102, dessen kreisförmiger Bogenausschnitt mit einem Halbmesser von 216 Theilen beschrieben ist.

Die beiden ſ-löcher sind 15 Theile lang und fallen zwischen den 32,5. und 47,5. Theilstrich, ihre Breite beträgt 1,5 Theile. Die Mittelpunkte der oberen runden Löcher stehen 8 Theile, die der unteren 22 Theile von einander, also respective 4 und 11 Theile von der Mitte ab. Der Halbmesser der oberen Löcher ist 1, derjenigen der unteren 2 Theile. — Die Länge des Halses eines Streichinstrumentes soll 27 Theile betragen.

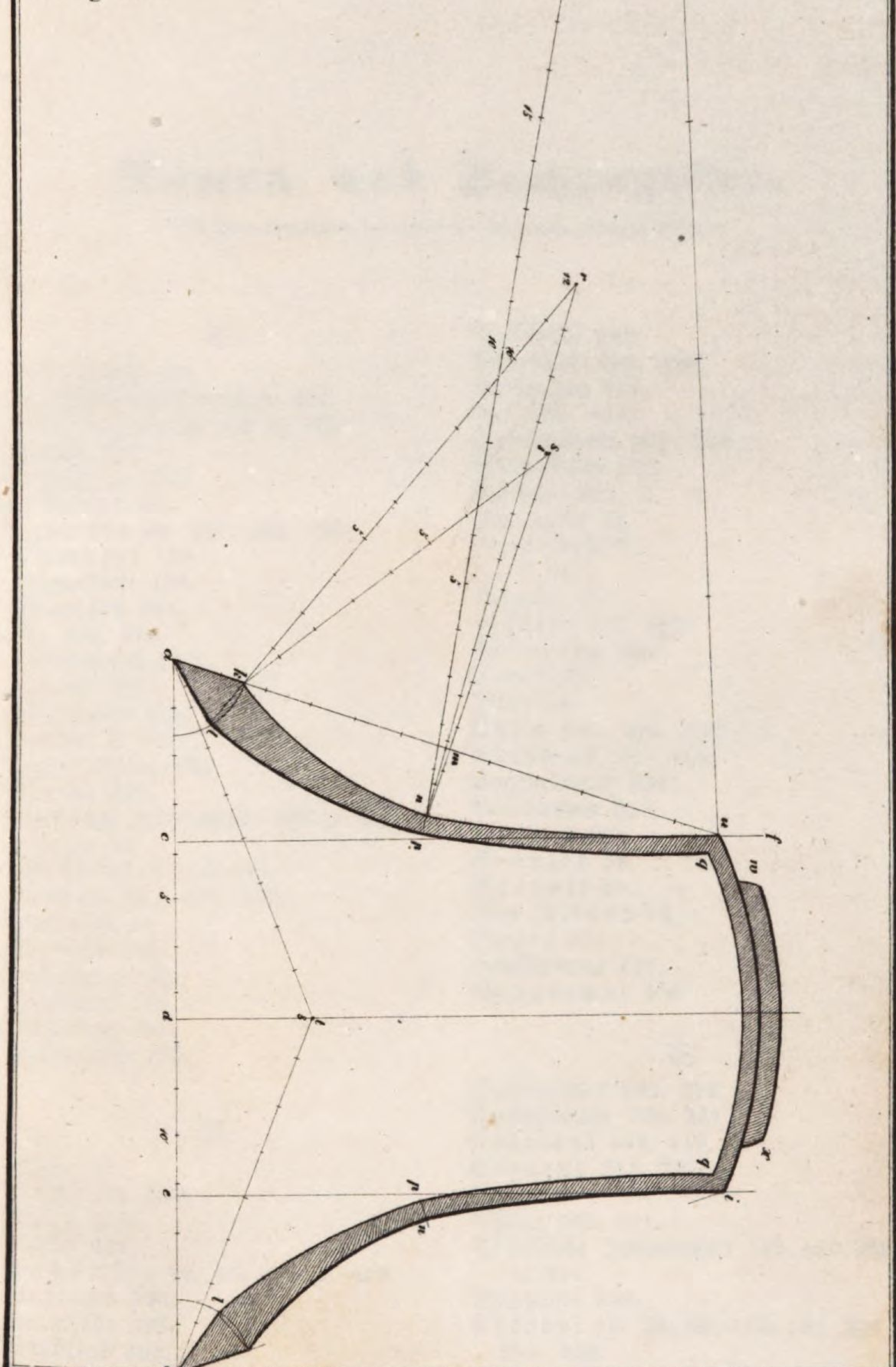
Um die Dicke von Boden und Decke auszuarbeiten, hat man nach Bagatella auf zwei verschiedene Arten zu verfahren, je nachdem der Ton des Streichinstrumentes mehr der menschlichen Stimme ähnlich, oder mehr metallen silberartig werden soll. Für den ersten Fall beschreibt man von dem Theilpunkt 42 aus drei Kreise, von 4, 8 und 12 Theilen Radius. Die ganze Fläche des innersten Kreises soll eine Dicke von 1 Theil, Alles außerhalb des äußersten Kreises eine Dicke von 0,5 Theil haben, zwischen dem innersten und äußersten Kreis aber soll die Dicke in stetigem Verlaufe abnehmen. — Für den zweiten Fall beschreibt man vom Punkt 40 aus als Mittelpunkt einen Kreis mit 3 Theilen Radius und macht das Bret innerhalb dieses Kreises durchaus $\frac{3}{4}$ Theile stark, läßt aber außerhalb die Dicke bis zu einem die ſ-löcher berührenden Kreise auf $\frac{1}{2}$ Theil abnehmen, von da an soll sie bei Violinen und Bratschen sich gleich bleiben, bei Violoncellen und Violon's aber bis zu den Zargen auf $\frac{1}{4}$ Theil sich vermindern.

Der Balken soll sich parallel der Mittellinie in ¼ Theil Abstand vom obersten Kreise des f-lochs auf eine Länge von 36 Theilen erstrecken; seine Enden sollen gleichweit vom oberen und unteren Rand der Violine abstehen.

Anlage 3 (zu Seite 186).

Das Profil einer Glocke von gegebenem Durchmesser ab, Fig. 103, wird auf folgende Weise verzeichnet. Man theilt ab in 15 gleiche Theile, welche Schläge genannt werden. Ferner theilt man ab in vier gleiche Theile und errichtet in den Theilpunkten c, d, e Senkrechte. Der Abstand der Perpendikel cu und ei ist der Durchmesser der Haube, welcher also halb so groß ist, als derjenige der Mündung. cu und ei sind 12 Schläge lang. Von a aus beschreibt man mit dem Halbmesser ak von anderthalb Schlägen einen Kreis und trägt von k nach l einen Schlag als die Dicke des Schlagrings auf; l verbindet man mit a. In der Mitte m der Linie au errichtet man eine Senkrechte und trägt mn = 1,5 Schlägen und np = ⅓ Schlag auf, bestimmt alsdann von n und u aus mit einer Zirkelöffnung von 30 Schlägen den Durchschnittspunkt o, von a und n aus mit einer Zirkelöffnung von 8 Schlägen den Durchschnittspunkt s, von l und p aus mit einer Zirkelöffnung von 12 Schlägen den Durchschnittspunkt v. Von o aus beschreibt man den Bogen nu und mit einer um ⅓ Schlag erweiterten Zirkelöffnung den Bogen pq; von s aus beschreibt man kn, von v aus lp. Endlich bestimmt man noch von a und b aus mit einer Zirkelöffnung von 8 Schlägen den Punkt t, um von ihm aus den äußeren Bogen ui und mit um ⅓ Schlag verkleinerter Oeffnung den inneren Bogen qq der Haube zu beschreiben. Die Haube erhält zur besseren Befestigung des Henkels der Glocke in der Mitte noch eine Verstärkung, welche durch den Bogen wx begrenzt ist. Dieser ist von t aus mit einer um ⅓ Schlag vergrößerten Zirkelöffnung beschrieben. (Aus Prechtl's Encyclopädie, Artikel: Glocke.)

Fig: 103.



Namen- und Sachregister.

Die Personennamen unterscheiden sich durch gesperrte Schrift.

L.

M.

N.

O.

P.

T.

U.

V.

W.

Y.

Z.

Druck von Wilhelm Keller in Gießen.

230 —